

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ  
УКРАЇНИ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання курсового проекту з дисципліни

***„ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ”***

для здобувачів вищої освіти за спеціальністю „Пожежна безпека”

циклу професійної (обов’язкової) підготовки

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

за освітньо-професійними програмами

„Пожежна безпека”, „Пожежогашіння та аварійно-рятувальні роботи” та

„Аудит пожежної та техногенної безпеки”

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Пожежна безпека технологічних процесів” для здобувачів вищої освіти за спеціальністю „Пожежна безпека” циклу професійної (обов’язкової) підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти за освітньо-професійними програмами „Пожежна безпека”, „Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи” та „Аудит пожежної та техногенної безпеки”/В.В. Олійник, О.М. Роянов. - Харків: НУЦЗУ, 2023. - 72 с.

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Пожежна безпека технологічних процесів” для здобувачів вищої освіти за спеціальністю „Пожежна безпека” циклу професійної (обов’язкової) підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти за освітньо-професійними програмами „Пожежна безпека”, „Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи” та „Аудит пожежної та техногенної безпеки”.

## ЗМІСТ

	Вступ.....	5
1	Завдання на курсовий проект, вибір об'єкта та теми .....	5
2	Порядок розробки, виконання та захисту проекту.....	6
3	Особливості структури курсового проекту. ....	7
3.1.	Розрахунково-пояснювальна записка .....	7
3.2.	Графічна частина.....	8
4	Вихідні дані на об'єкт.....	8
5.	Методика виконання окремих розділів курсового проекту.....	9
5.1	Вступ.....	9
5.2	Характеристика технологічного процесу виробництва.....	9
5.3	Аналіз пожежної небезпеки технологічного процесу.....	10
5.3.1	Аналіз пожежовибухонебезпечних властивостей речовин, що обертаються у виробництві.....	10
5.3.2	Аналіз можливості утворення горючого середовища.....	11
5.3.2.1	Оцінка можливості виникнення горючого середовища усередині технологічного обладнання при його нормальній роботі.....	11
5.3.2.2	Оцінка можливості виникнення горючого середовища при пошкодженні технологічного обладнання.....	19
5.3.3	Аналіз можливості появи характерних для виробництва джерел запалювання.....	23
5.3.4	Умови та можливі шляхи поширення пожежі.....	27
5.4	Визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.....	30
5.5	Розробка інженерно-технічних рішень та протипожежних заходів.....	31
5.5.1	Інженерно-технічні рішення.....	31
5.5.2	Протипожежні заходи.....	32
5.6	Висновки .....	32
5.7	Список використаної літератури.....	32

		4
6	Завдання для вибору варіанту.....	32
6.1	Завдання для написання курсового проекту з описом технологічного процесу ”Установка первинної перегонки нафти (АТ)”.....	32
6.2	Завдання для написання курсового проекту з описом технологічного процесу “Установка для уловлювання парів ЛЗР із горючого газу методом абсорбції”.....	40
6.3	Завдання для написання курсового проекту з описом технологічного процесу “Установка для уловлювання парів ЛЗР із пароповітряної суміші методом адсорбції”.....	47
6.4	Завдання для написання курсового проекту за темою “Цех фарбування виробів”.....	54
6.5	Завдання для написання курсового проекту з описом технологічного процесу “Виробництво поліетилену і поліпропілену методом низького тиску”.....	60
	Література.....	68
	Додатки.....	69

## ВСТУП

Курсовий проект (КП) є важливим етапом освоєння дисципліни „Пожежна безпека технологічних процесів” і представляє самостійну роботу здобувачів вищої освіти за спеціальністю „Аудит пожежної та техногенної безпеки”.

Метою виконання КП є закріплення, поглиблення та узагальнення знань, отриманих здобувачами під час навчання за вищевказаною дисципліною, а також практичного застосування цих знань до вирішення конкретної практичної задачі, що пов'язана з розробкою інженерно-технічних рішень та рекомендацій щодо забезпечення та вдосконалення протипожежного захисту конкретного технологічного процесу (ТП) [1].

При виконанні КП здобувач повинен вивчити технологічний процес виробництва (технологічну схему, технологічне обладнання), дослідити пожежну небезпеку апаратів у відповідності з методикою аналізу пожежної небезпеки виробництва, визначити категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою, проаналізувати виробництво згідно вимогам діючих нормативних документів, розробити та обґрунтувати інженерно-технічні рішення та організаційні заходи щодо зниження пожежної небезпеки процесу та виробництва в цілому [1].

### 1. ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ, ВИБІР ОБ'ЄКТУ ТА ТЕМИ ДЛЯ РОБОТИ

Кожний здобувач виконує роботу за своїм варіантом, номер якого визначається за останніми двома цифрами залікової книжки.

Якщо останні цифри залікової книжки мають значення:

- від **00** до **19** – в роботі досліджується установка первинної перегонки нафти (АТ);
- від **20** до **39** – в роботі досліджується установка уловлювання парів легкозаймистої рідини з горючого газу методом абсорбції;
- від **40** до **59** - в роботі досліджується установка уловлювання парів легкозаймистої рідини з пароповітряної суміші методом адсорбції;
- від **60** до **79** - в роботі досліджується цех фарбування виробів;

- від **80** до **99** - в роботі досліджується відділення полімеризації виробництва поліетилену і поліпропілену методом низького тиску.

За наявності конкретного об'єкту та потрібної документації викладач може узгодити виконання КП за темою, що запропонована здобувачем. При цьому потрібно враховувати, що правильність вибору об'єкта (виробництва) для курсової роботи представляється найбільш відповідальною частиною КП.

У випадку вибору конкретного об'єкту для курсової роботи він повинен відповідати наступним вимогам:

- протипожежний захист технологічного процесу, що розглядається, повинен бути актуальним для України;

- наявність на об'єкті, що розглядається, пожежовибухонебезпечного виробництва;

- наявність на об'єкті проектних, технологічних і регламентних матеріалів.

Задовольняє запропонованим вимогам об'єкт, виробництво якого пов'язане з переробкою, отриманням або зберіганням пожежонебезпечних і вибухонебезпечних речовин і матеріалів, що знаходяться в рідкому, твердому або пилоподібному стані (легкозаймисті, горючі рідини, горючі гази, горючий пил, волокнисті або інші тверді горючі речовини).

Для здобувачів, що виконують дослідницьку роботу на кафедрі в групах науково-дослідної роботи (якщо є закріплення на кафедрі відповідним наказом по НУЦЗУ) замість курсового проекту можуть представити курсовий проект, який буде містити матеріали дослідницького характеру.

## **2. ПОРЯДОК РОЗРОБКИ, ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

До виконання роботи здобувачі отримують індивідуальне завдання. Керівник з'ясовує ступінь підготовки здобувача до виконання конкретної роботи і встановлює графік роботи за основними етапами. Термін захисту визначається відповідно з навчальним планом дисципліни.

Індивідуальні консультації здобувачів проводяться на кафедрі згідно графіка консультацій, на яких роз'яснюються вимоги до виконання КП, сутність виданих

завдань, розглядаються вузлові питання найбільш типового завдання і даються загальні вказівки щодо їх виконання, рекомендується основна і додаткова література, довідкові матеріали та стандарти. На консультаціях керівником перевіряються всі конструктивні рішення і розрахунки, дотримання стандартів ЄСКД і контролюється графік виконання роботи.

До захисту КП допускаються здобувачі, які успішно в термін виконали всі розділи індивідуального завдання і належним чином оформили результати розрахунків, розробок та креслення.

### **3. ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

КП складається з двох частин:

1. Розрахунково-пояснювальна записка.
2. Графічна частина.

#### **Розрахунково-пояснювальна записка**

Пояснювальна записка до КП повинна містити наступні розділи:

1. Вступ.
2. Характеристика технологічного процесу виробництва\*.
3. Аналіз пожежної небезпеки технологічного процесу.
  - 3.1. Аналіз пожежовибухонебезпечних властивостей речовин, що обертаються у виробництві
  - 3.2. Аналіз можливості утворення горючого середовища.
    - 3.2.1. Оцінка можливості виникнення горючого середовища усередині технологічного обладнання при його нормальній роботі.
    - 3.2.2. Оцінка можливості виникнення горючого середовища при пошкодженні технологічного обладнання.
  - 3.3. Аналіз можливості появи характерних для виробництва джерел запалювання.
  - 3.4. Умови та можливі шляхи поширення пожежі.
4. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою.

5. Розробка інженерно-технічних рішень та протипожежних заходів.

5.1. Інженерно-технічні рішення.

5.2. Протипожежні заходи.

6. Висновок

7. Список використаної літератури

\* Характеристика об'єкта приводиться у тому випадку, коли здобувач виконує КП за конкретним діючим об'єктом.

### **3.2. Графічна частина**

Графічна частина КП повинна містити:

- креслення установок або апаратів, що приймають участь в технологічному процесі;

- графіки або таблиці;

- схеми, креслення, алгоритми роботи запропонованих інженерно-технічних рішень;

- карту пожежної небезпеки.

Карта пожежної небезпеки повинна показати основні пожежовибухонебезпечні речовини, в якій кількості і в яких апаратах вони знаходяться, в яких апаратах є або можуть утворитися вибухонебезпечні концентрації, специфічні причини пошкодження апаратів, характерні джерела запалювання і можливі шляхи поширення пожежі. Методика виконання карти пожежної небезпеки наведена у п. 7.

## **4. ВИХІДНІ ДАНІ НА ОБ'ЄКТ**

У разі самостійного вибору об'єкта для курсового проекту необхідно:

а) Вивчити технологічну схему і технологічний регламент виробництва та роботу основних апаратів;

б) Встановити пожежовибухонебезпечні властивості речовин, що обертаються у виробництві, використовуючи [2] та режим роботи основних апаратів [3];

в) З'ясувати, які технічні рішення забезпечують вибухобезпеку ТП



виробництва. Проаналізувати системи виробничої та пожежної автоматики, що діють на об'єкті.

Для виконання завдання на КП необхідні:

- технологічна схема виробництва;
- технологічний регламент;
- ескізи або креслення основних апаратів;
- схема установки технологічної автоматики;
- план приміщення з вказівкою розміщення технологічних апаратів;
- схеми продуктопроводів;
- схеми і розрахунки пристроїв для захисту апаратів і комунікацій та ін.

Необхідно також ознайомитися з технічною та нормативною літературою для даної галузі виробництва.

## **5. МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ОКРЕМИХ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

### **5.1. Вступ**

Стислий вступ повинен містити данні щодо призначення виробництва, його поширеність та перспективу розвитку для даної галузі. Необхідно дати поняття про сутність технології і загальної характеристики вибухопожежонебезпеки ТП виробництва, його особливості [3, 4].

Посилаючись на статистику пожеж та надзвичайних ситуацій (НС) [5], що трапилися на подібних виробництвах, або інші особливості даного виробництва, зробити висновок щодо доцільності та актуальності розробки питань забезпечення пожежної безпеки.

### **5.2. Характеристика технологічного процесу виробництва**

Необхідно розкрити сутність технологічного процесу виробництва, починаючи з вхідної сировини і закінчуючи готовою продукцією, принцип роботи та параметри експлуатації основного технологічного обладнання (робочу температуру, тиск, рівень тощо). При описі ТП реального виробництва

використовувати технологічний регламент виробництва [3].

Опис ТП потрібно починати з пояснення прийнятих параметрів процесу, хімічної або фізичної сутності перетворень речовин і матеріалів в процесі обробки. При описі технологічної схеми виробництва необхідно описати улаштування основних апаратів, їх розміри і розміщення, показати схематичний устрій або їх розрізи і дати більш докладний опис в тому місці пояснювальної записки, де будуть розглядатися питання пожежної небезпеки даного процесу або апарату.

При вивченні схеми ТП звернути увагу на:

- способи транспортування, завантажування і розвантажування речовин і матеріалів;
- наявність засувок, фланцевих з'єднань і ступінь їх герметичності;
- назви технологічного обладнання;
- характеристику технологічного режиму машин і апаратів;
- дані про режим експлуатації обладнання (в тому числі про профілактичний огляд і ремонт).

З'ясувати порядок дозування речовин і матеріалів в ТП, вид енергії, що використовується в ТП, параметри і умови протікання ТП та сутність його автоматизації. Після приведеного опису ТП привести його схему.

### **5.3. Аналіз пожежної небезпеки технологічного процесу**

#### **5.3.1. Аналіз пожежовибухонебезпечних властивостей речовин, що обертаються у виробництві**

Пожежна небезпека ТП характеризується властивостями речовин, що обертаються в виробництві, а також їх кількістю.

В цьому розділі необхідно привести назви, хімічні формули та основні реакції виробництва основних речовин і матеріалів та особливості їх обертання на підприємстві. Виходячи із фізико-хімічних та пожежовибухонебезпечних властивостей речовин необхідно надати умови їх вибухобезпеки.

При дослідженні властивостей речовин можна використати технологічний регламент виробництва, дані виробничих лабораторій і довідкові дані [2]. При

нестачі довідникових даних для повного аналізу властивостей речовин або їх сумішей потрібно провести додаткові розрахунки параметрів, яких не вистачає.

### 5.3.2. Аналіз можливості утворення горючого середовища

Під час проведення аналізу можливості утворення горючого середовища необхідно виявити умови його утворення як усередині технологічного обладнання, так і за його межами (у приміщенні, або на технологічному майданчику), при нормальній роботі обладнання так і при аварії [3,4, 6,7].

В технологічному процесі можуть використовуватися апарати з горючими газами, легкозаймистими рідинами, речовинами у дисперсному стані (горючий пил), тому проведення аналізу для апаратів з різними за агрегатним станом речовинами, має деяку різницю.

#### 5.3.2.1. Оцінка можливості виникнення горючого середовища усередині технологічного обладнання при його нормальній роботі

Спочатку необхідно встановити наявність, або відсутність горючого середовища в середині технологічного обладнання за умов його нормальної роботи.

##### Апарати з горючими газами

Апарати з горючими газами (ГГ) в період їх нормальної роботи повністю заповнені горючою речовиною. Для оцінки небезпеки їхнього внутрішнього середовища проводиться порівняння робочої концентрації газу  $\varphi_{\text{фак}}$  з концентраційними межами поширення полум'я (нижня КМПП -  $\varphi_n$  та верхня КМПП -  $\varphi_v$ ) [3, 4]. З урахуванням умов безпеки робочу концентрацію газу порівнюють з нижньою  $\varphi_{\text{н.без}}$  та верхньою  $\varphi_{\text{в.без}}$  безпечною концентрацією газу у газоповітряної суміші. Якщо не виконується умова безпеки

$$\varphi_{\text{н.без}} \leq \varphi_{\text{фак}} \geq \varphi_{\text{в.без}}, \quad (1.1)$$

то вважається що в апараті утворилось горюче середовище. Розрахунок вибухобезпечних концентрацій проводиться за формулами [3, 4].

Наявність горючого середовища в середині технологічного обладнання з горючими газами можна визначити і по вмісту окислювача  $\varphi_{O_2}$  (кисню повітря) у газовій суміші. Якщо фактична концентрація кисню  $\varphi_{O_2}$  буде більш ніж мінімальний вибухобезпечний склад кисню  $\varphi_{МВСК}$ , тоді теж вважається що в апараті утворилось горюче середовище.

$$\varphi_{O_2} \geq \varphi_{МВСК}. \quad (1.2)$$

Мінімальний вибухобезпечний склад кисню  $\varphi_{МВСК}$ , визначається з довідників, або розрахунком за методиками [3, 4].

### Апарати з горючими рідинами

У всіх апаратах з горючими рідинами (ЛЗР або ГР), крім повністю заповнених рідиною, над поверхнею рідини є газowo-повітряний простір в якому концентрація насиченої пари, у парово-повітряній суміші, може бути нижче нижньої концентраційної межі поширення полум'я ( $\varphi_{н.без} \geq \varphi_{фак}$ ), в межах запалювання ( $\varphi_{н.без} \leq \varphi_{фак} \leq \varphi_{в.без}$ ), або вище верхньої концентраційної межі поширення полум'я ( $\varphi_{фак} \geq \varphi_{в.без}$ ). Концентрація насиченої пари рідини залежить від її температури, тому для визначення пожежної небезпеки замкнених апаратів з ЛЗР та ГР при їх нормальній роботі необхідно порівняти робочу температуру  $t_{раб}$  з нижньою  $t_{н.без}$ , верхньою  $t_{в.без}$  вибухонебезпечними температурами, та з температурою самоспалахування  $t_{cc}$  і зробити відповідні висновки. Якщо у замкнених технологічних апаратах температура повинна підтримуватися у межах:

$$t_{раб} \leq t_{н. безн} \quad (1.3)$$

$$t_{в. безн} \leq t_{раб} \leq t_{cc} \quad (1.4)$$

то вважається що горюче (вибухонебезпечне) середовище в середині апарата з ЛЗР та ГЗ не утворюється. Розрахунок вибухобезпечних температур проводиться

за формулами [3, 4].

### Апарати з горючими матеріалами у дисперсному стані

За наявності апаратів, бункерів або трубопроводів з горючими матеріалами у дисперсному стані можуть утворюватись горючі пилоповітряні суміші, якщо виконується наступне співвідношення:

$$\phi'_{\text{фак}} \geq \phi'_{\text{н.}}, \quad (1.5.)$$

де  $\phi'_{\text{фак}}$  - фактична концентрація пилу в апараті, г/м<sup>3</sup>;  $\phi'_{\text{н.}}$  - нижня концентраційна межа поширення полум'я пилоповітряної суміші, г/м<sup>3</sup>.

Пил, що знаходиться в осілому стані може переходити у зважений стан. При визначенні фактичної концентрації пилу в повітрі технологічних апаратів, а також в приміщеннях, дійсну концентрацію пилу визначають за формулами [3, 4]. Дійсну робочу концентрацію пилу в апараті необхідно визначати за сумарною кількістю не тільки завислого, але й осілого пилу, який може за певних умов перейти у завислий стан:

$$\phi'_{\text{р}} = \phi'_{\text{зав}} + \phi'_{\text{ос}}, \quad (1.6)$$

де  $\phi'_{\text{зав}}$  - концентрація завислого горючого пилу в апараті, кг/м<sup>3</sup>;

$\phi'_{\text{ос}}$  - концентрація осілого горючого пилу в апараті, що може перейти у завислий стан, кг/м<sup>3</sup>.

Для оцінки можливості утворення горючого середовища в середині технологічного обладнання в періоди їх пуску, подачі компонентів та спорожнення необхідно встановити режим роботи апаратів. Для апаратів періодичної дії характерні періоди коли повітря може поступати в середину через завантажувальні люки, люки для взяття проб та інше. Тому потрібно ретельно розглянути можливість утворення горючого середовища в періоди пуску апаратів, їх завантаження, при відбиранні проб та при вивантаженні готової продукції.

При оцінюванні пожежовибухонебезпеки середовища в середині технологічного обладнання потрібно враховувати те, що температурні та концентраційні межі поширення полум'я не постійні і можуть змінюватися в залежності від концентрації кисню у повітрі, тиску та температури в апараті.

Горюче середовище у виробничих приміщеннях може утворитися при виході парів рідин, газів або горючого пилу з технологічних апаратів в **періоди їх нормальної роботи**. При аналізі пожежної небезпеки виробництва необхідно встановити наявність апаратів, нормальна експлуатація яких може бути пов'язана з виділенням в повітря горючих парів або газів.

Для виявлення причин виходу горючих речовин з нормально діючого технологічного обладнання необхідно встановити:

1. Наявність апаратів з відкритою поверхнею випаровування або виходу горючого пилу;
2. Наявність апаратів із змінним тиском, температурою, рівнем рідин та апаратів, які обладнані дихальними пристроями, що не виведені назовні;
3. Наявність апаратів періодичної дії, які мають завантажувальні люки;
4. Наявність апаратів, працюючих під тиском.

При наявності апаратів з відкритою поверхнею випаровування необхідно встановити кількість рідини, що випаровується. Пари горючої рідини можуть утворювати горюче середовище у виробничому приміщенні якщо її робоча температура, з врахуванням умов пожежовибухонебезпеки, складає

$$t_{\text{раб}} \leq t_{\text{сн}} - 35 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1.7)$$

Інтенсивність випаровування  $W$  визначають за довідниковими та експериментальними даними [2, 3, 4]. Для ЛЗР, які не нагріті вище температури навколишнього середовища, у разі відсутності таких даних, допускається розраховувати  $W$  за формулою:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot (M)^{\frac{1}{2}} \cdot P_n \quad (1.8)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт, який приймають за таблицею [7, табл.8] залежно від швидкості повітряного потоку, що створюється аварійною вентиляцією, та температури повітряного потоку над поверхнею випаровування (у разі відсутності аварійної вентиляції  $\eta$  дорівнює 1);

$M$  - молярна маса, г·моль<sup>-1</sup>;

$P_n$  - тиск насиченої пари за розрахунковою температурою рідини  $t_p$ , визначений за довідниковими даними відповідно до вимог пункту 5.4, кПа, або за формулою:

$$P_n = 0,133 \cdot 10^{\frac{A-B}{C_a+t_p}} \quad (1.9)$$

де:  $A, B, C_a$  - константи Антуана (довідникові дані).

Діаметр зони вибухонебезпечної концентрації парів, що утворюються при випаровуванні з відкритої поверхні визначається відповідно з [3, 4] за формулою:

$$D_{заг} = 6.3 \sqrt{K} \left( \frac{P_n}{\varphi_n^o} \right)^{0,813} \left( \frac{m_{вип}}{\rho_{нар} P_n} \right)^{0,333}, \quad (1.10)$$

де  $K$  – константа випаровування, яка визначається як  $K = \tau_{вип} / 3600$ ;  $\rho_{нар}$  - густина парів при робочій температурі, кг/м<sup>3</sup>.

Густина парів при робочій температурі  $t$  визначається за формулою

$$\rho_{нар} = \frac{M}{V_o (1 + 0.00367t)} \quad (1.11)$$

Якщо у виробництві є апарати з дихальними пристроями необхідно, використовуючи технологічну схему і креслення установок, визначити як проводиться їх винесення за межі приміщень, наявність і правильність виконання відвідних ліній.

Для апаратів, які обладнані дихальними пристроями, що не виведені назовні

необхідно провести розрахунок маси парів, які можуть потрапити у приміщення. Кількість пожежовибухонебезпечних парів, що можуть виходити в приміщення залежить від кількості “малих” та “великих” дихань. Тому заздалегідь необхідно визначити технологічні апарати, які “дихають”. Горюче середовище навколо дихальних пристроїв утворюється у тому разі, якщо виконується умова (1.7) розміри зони небезпечних концентрацій залежать від кількості парів, що виходять з дихального пристрою, їх властивостей та зовнішніх умов.

При “великому” диханні кількість парів рідини, що виходять з апаратів (резервуарів) визначається [3, 4] за формулою:

$$G_e = V_p \frac{\varphi_s^o \cdot P_p \cdot M_p}{T_p \cdot R}, \quad (1.12)$$

і

де  $G_e$  – кількість парів рідини, що виходять з апаратів при “великому диханні”, кг/цикл;  $V_p$  – об’єм пароповітряної суміші, що витискується з апарату, м<sup>3</sup>;  $P_p$  – робочий тиск в апараті, кПа;  $T_p$  – робоча температура, К;  $M_p$  – молярна маса горючої рідини, кг/кмоль;  $\varphi_s^o$  – фактична об’ємна концентрація парів при робочій температурі, об.част.;  $R$  – універсальна газова стала,  $R = 8,314$  кДж/(моль К).

Діаметр зони вибухонебезпечної концентрації парів, що утворюються навколо апарата при його заповненні визначається по формулі згідно [3, 4].

$$D_{заз}^e = D_p + 10H_p \left( \frac{g \cdot \varphi_s^o}{\varphi_n^o \cdot H_p^2} \right)^{0,86}, \quad (1.13)$$

де  $g$  – продуктивність операції наповнювання, м<sup>3</sup>/с;  $D_p$  – діаметр апарату (резервуару), м<sup>3</sup>;  $H_p$  – висота апарату (резервуару), м;  $\varphi_s^o$  – фактична об’ємна концентрація парів при робочій температурі, %;  $\varphi_n^o$  – нижня КМПП, %.

При “малому” диханні [3, 4] кількість парів рідини, що виходять з апаратів (резервуарів) визначається за формулою:



$$G_m = V_v P_p \left( \frac{1 - \varphi_1^o}{T_1} - \frac{1 - \varphi_2^o}{T_2} \right) \frac{\varphi_{cp}^o}{(1 - \varphi_{cp}^o)} \frac{M}{R}, \quad (1.14)$$

де  $G_v$  – кількість парів рідини, що виходять з апаратів при “малому диханні”, кг/цикл;  $V_v$  – внутрішній вільний об’єм апарату, м<sup>3</sup>;  $\varphi_1^o$  та  $\varphi_2^o$  концентрація насичених парів рідини відповідно при температурі  $T_1$  та  $T_2$ , об’ємних частин,  $\varphi_{cp}^o$  – середня концентрація пари в апараті,  $\varphi_{cp}^o = (\varphi_1^o + \varphi_2^o)/2$ , об’ємних частин.

Під час роботи апаратів періодичної дії під час проведення завантажувально-розвантажувальних операцій пари, що накопичилися у пароповітряному об’ємі потрапляють у виробниче приміщення. При подібних технологічних операціях необхідно перевірити оцінку систем відсмоктування парів або газів з внутрішнього об’єму апаратів або систем продування апаратів інертним газом перед їх завантаженням та пуском у роботу; правильність встановлення місцевих відсмоктувачів від кришок, люків, пробовідбірних пристроїв; системам блокування, що не допускають відкриття апарату без його попереднього продування.

Кількість горючих парів що виходять з діючих апаратів при їх розгерметизації визначається за формулою:

$$G_p = V_v \frac{\varphi_s^o}{T_p} (P_p - P_{бар}) \frac{M_p}{R}, \quad (1.15)$$

де  $G_p$  – кількість парів рідини, що виходять з апаратів при “малому диханні”, кг/цикл;  $V_v$  – внутрішній вільний об’єм апарату, м<sup>3</sup>;  $\varphi_1^o$  та  $\varphi_2^o$  концентрація насичених парів рідини відповідно при температурі  $T_1$  та  $T_2$ , об’ємних частин;  $\varphi_{cp}^o$  – середня концентрація парів в апараті,  $\varphi_{cp}^o = (\varphi_1^o + \varphi_2^o)/2$ , об’ємних частин [3, 4].

При наявності герметичних апаратів, які працюють під тиском постійно відбувається вихід парів або газів крізь фланцеві з’єднання та сальникові ущільнення.

Кількість парів або газів, що виходять крізь фланцеві з'єднання визначається за формулою [3, 4]:

$$G_{\phi} = K_z \cdot K_p \cdot V_v \cdot \tau_p \cdot \sqrt{\frac{M}{T_p}}, \quad (1.16)$$

де  $G_{\phi}$  – кількість парів рідини, що виходять з нещільностей апаратів, кг/цикл;  $K_z$  – коефіцієнт, який враховує ступень зносу обладнання, для нового обладнання приймається в межах від 1 (для нового обладнання) до 2 (для зношеного);  $K_p$  – коефіцієнт, що враховує інтенсивність виходу рідини в залежності від тиску парів або газів в апараті, додатки таблиця 2;  $\tau_p$  – час роботи апаратів, год.

За наявності насосів або компресорів, що перекачують вогненебезпечні речовини, необхідно оцінити прийнятий спосіб ущільнення сальників, перевірити правильність їх встановлення, перевірити системи блокування (неможливості включення агрегатів в роботу, якщо не працюють системи вентиляції).

Кількість парів або газів, що виходять крізь сальникові ущільнення поршневіх насосів, які перекачують ГР у холодному стані визначається по формулі

$$G_n = 0,007d \cdot \tau_p \cdot A \sqrt{P_p}, \quad (1.17)$$

де  $G_n$  – кількість парів рідини, що просочується крізь сальники насосу, кг/цикл;  $A$  – емпіричний коефіцієнт, який приймається для насосів, що перекачують бензин або гас  $A=1$ ; для насосів, що перекачують високолетючі рідини  $A=2$ ;  $P_p$  – робочий тиск насосу, МПа;  $\tau_p$  – час роботи апаратів, годин.

Кількість парів або газів, що виходять крізь сальникові ущільнення відцентрових насосів, які перекачують ГР визначається за формулою:

$$G_n = 1,38 \cdot 10^{-6} \cdot d \cdot \rho_p \cdot \tau_p \sqrt{P_p}, \quad (1.18)$$

де  $G_n$  – кількість парів рідини, що просочується крізь сальники насосу, кг/цикл;  $\rho_p$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>.

### 5.3.2.2. Оцінка можливості виникнення горючого середовища при пошкодженні технологічного обладнання

Під час аварій та пошкоджень апаратів і трубопроводів відбудеться вихід горючих газів, парів або рідин, що призведе до утворення вибухопожежонебезпечних сумішей біля місць виходу, в усьому виробничому приміщенні та на відкритих технологічних майданчиках.

Апарати і трубопроводи можуть пошкоджуватися при перевищенні тиску вище допустимих норм; при динамічних впливах; виникненні температурних напружень в матеріалі стінок або при зміні властивостей матеріалу під впливом високих і низьких температур; корозії або ерозії матеріалу стінок [3, 4].

Аналізуючи причини пошкодження технологічних апаратів необхідно враховувати чітку класифікацію аварій за їх відзнаками [3, 4]:

#### 1. За причинами, що призвели до пошкодження апаратів:

- пошкодження, що виникли в наслідок механічної дії на матеріал апаратів та трубопроводів;
- пошкодження, що виникли в наслідок порушення матеріального балансу технологічного процесу;
- пошкодження, що виникли в наслідок температурного впливу на матеріал апаратів та трубопроводів;
- пошкодження, що виникли в наслідок хімічного впливу на матеріал апаратів та трубопроводів.

#### 2. За масштабом пошкодження:

- локальне пошкодження апаратів;
- повна руйнація апарату.

Для виявлення можливості механічного пошкодження апаратів та трубопроводів необхідно встановити по технологічному регламенту, або описанню технологічного процесу відповідність граничнодопустимого тиску з робочим, наявність засобів захисту обладнання від перевантаження та інше.

Порушення матеріального балансу технологічного процесу, який може привести до надмірного підвищення тиску та руйнуванню обладнання.

Збільшення тиску може відбуватися при збільшенні опору за компресорами, насосами та апаратами. Це відбувається при неповному відкриванні засувки, зменшенні площі перерізу трубопроводів при відкладенні солей, бруду, коксу, полімеру, кристалогідратів тощо. Величина перепаду тиску в лініях для подолання опору і утворення необхідної швидкості руху продукту  $\Delta P$  визначається за формулою:

$$\Delta P = \left( \sum_{i=1}^n \xi_i + \lambda \frac{l_{mp}}{d_{mp}} \right) \frac{\omega^2 \rho_t}{2}, \quad (1.19)$$

де  $\Delta P$  – втрати тиску при збільшенні опору ліній, Па;  $\xi_i$  – коефіцієнт  $i$ -го місцевого опору;  $l_{mp}$  – довжина трубопроводу, м;  $d_{mp}$  – діаметр трубопроводу, м;  $\lambda$  – коефіцієнт опору тертя;  $\omega$  – швидкість парів рідини, що просочуються крізь сальники насоса, кг/цикл;  $\rho_p$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>.

Методика розв'язування задач по визначенню  $\Delta P$  наведена в [4].

Порушення температурного режиму технологічного процесу [3, 4] може призвести до:

1. Підвищення тиску за рахунок теплового розширення рідин, газу, або перегрітого пару, що знаходяться в апаратах;
2. Підвищення тиску при порушенні процесу конденсації парів, що знаходяться в апаратах;
3. Підвищення тиску при попаданні у високо нагріті апарати рідин з малою температурою кипіння;
4. Підвищення тиску за рахунок прискорення екзотермічних хімічних реакцій, що проходять в апаратах;
5. Руйнування апаратів за рахунок термічного перенапруження матеріалу стінок апаратів.

Приріст тиску у герметичних апаратах, повністю заповнених рідиною, при

підвищенні температури визначається за формулою:

$$\Delta P = \frac{\beta - 3\alpha}{\beta_{cm}} \Delta t, \quad (1.20)$$

де  $\Delta P$  – приріст тиску при збільшенні температури, Па;  $\beta_{cm}$  – коефіцієнт об'ємного стиснення рідини, 1/Па;  $\beta$  – коефіцієнт об'ємного розширення рідини, 1/К;  $\alpha$  – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу стінок апарату, 1/К;  $\Delta t$  – різниця між кінцевою та початковою температурою, К.

Якщо апарат заповнено рідиною не повністю і в середині є пароповітряний об'єм, то збільшення тиску парів можна визначити з рівняння Антуана за формулою [3, 4]:

$$\lg P = A - \frac{B}{t_p + C_a}, \quad (1.21)$$

де  $A$ ,  $B$ ,  $C_a$  – константи рівняння Антуана;  $t_p$  – робоча температура в апараті, °С.

При наявності в герметичних апаратах газів, кінцевий тиск визначається за формулою:

$$P_k = P_n z \frac{T_k}{T_n}, \quad (1.22)$$

де  $P_n$  – початковий тиск в апараті, кПа;  $T_n$ ,  $T_k$  – початкова та кінцева температура в апараті, К;  $z$  – коефіцієнт стиснення газу [3, 4].

При попаданні у високонагріті апарати низькокиплячих рідин тиск підвищується на величину  $\Delta P$ , яку можна розрахувати [3, 4]:

$$\Delta P = 0,082 \frac{P_n \cdot m \cdot T_p}{M \cdot V_g}, \quad (1.23)$$

де  $m$  – маса низько киплячої рідини, що попала в апарат;  $T_p$  – робоча температура

в апараті,  $K_4$ ;  $V_6$  – вільний об'єм апарату,  $m^3$ .

При виникненні в апаратах гідравлічних ударів приріст тиску в системі визначається [3, 4]:

$$\Delta P = c \cdot \Delta \omega \cdot \rho_t, \quad (1.24)$$

де  $c$  - швидкість поширення ударної хвилі, м/с;  $\Delta \omega$  - зменшення швидкості руху рідини в трубопроводі, м/с;  $\rho_t$  - щільність рідини при робочій температурі,  $kg/m^3$ .

Швидкість поширення ударної хвилі розраховують за формулою:

$$c = \sqrt{\frac{E_{жс}}{\rho_t \left( 1 + \frac{d}{\delta} + \frac{E_{жс}}{E} \right)}}, \quad (1.25)$$

де  $E_{жс}$ ,  $E$  - модуль пружності рідини та матеріалу труби, Па;  $d$  - внутрішній діаметр труби, м;  $\delta$  - товщина стінки труби, м [3, 4].

Для визначення можливості руйнування апаратів за рахунок термічного перенапруження матеріалу стінок апаратів необхідно встановити температурний режим роботи обладнання. В разі, якщо обладнання працює при досить великих, чи низьких температурах, або якщо при періодичній зміні температури необхідно провести розрахунки можливих температурних напружень матеріалу. Методика визначення температурних напружень розглянута в [3].

При розгляданні в КР реального ТП необхідно встановити наявність конструктивних рішень, що запобігають виникненню температурних напружень, таких як температурні компенсатори на трубопроводах та теплообмінниках, теплоізоляція апаратів та тому подібне. В разі можливості утворення шлакових або коксових відкладень необхідно провести розрахунок температури стінки теплообмінної поверхні в умовах стаціонарного температурного теплообміну.

### 5.3.3. Аналіз можливості появи характерних для виробництва джерел запалювання

При проведенні аналізу пожежної небезпеки необхідно встановити які теплові прояви можуть привести до наявності горючого середовища у даному ТП [3, 4].

Тепловий прояв може стати джерелом запалювання у тому випадку, якщо він характеризується:

1. Температурою, достатньою для початку процесу горіння. (Температура потенційного джерела запалювання повинна бути вище ніж температура самоспалахування  $t_{дз} > t_{cc}$ );

2. Достатньою потужністю джерела запалювання. (Енергія джерела запалювання більше ніж мінімальна енергія запалювання  $W_{дз} > W_{min}$ );

3. Тривалістю впливу джерела запалювання на горюче середовище. (Термін дії джерела запалювання повинен бути не менш ніж період індукції горючого середовища  $\tau_{дз} > \tau_{ind}$ ).

Для полегшення процесу виявлення потенційних джерел запалювання необхідно провести їх аналіз по групам:

1. Відкрите полум'я та розжарені продукти згоряння;
2. Теплові прояви механічної енергії;
3. Теплові прояви хімічної енергії;
4. Теплові прояви електричної енергії

В розділі необхідно розглянути можливість займання від відкритого полум'я та розжарених продуктів згоряння тільки у тому разі, якщо вони обумовлюються технологічним регламентом виробництва.

Пожежна небезпека полум'я обумовлюється температурою факелу та часу його впливу на горючу речовину. Пожежонебезпечні параметри деяких видів полум'я та малокалорійних джерел тепла наведені у таблиці додатку 4.

Відкрите полум'я небезпечне не тільки при безпосередньому контакті з горючим середовищем, але й при його випромінюванні. Інтенсивність випромінювання розраховується за формулою:

$$g_p = 5,7 \varepsilon_{np} \left[ \left( \frac{T_\phi}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{cc}}{100} \right)^4 \right] \phi_{1-\phi}, \quad (1.26)$$

де  $g_p$  - інтенсивність випромінювання, Вт/м<sup>2</sup>;  $\varepsilon_{np}$  – ступінь чорнотатості полум'я; 5,7 – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, Вт/(м<sup>2</sup>\*К);  $T_\phi$  – температура факелу, К;  $T_{cc}$  – температура самоспалахування горючої речовини, К;  $\phi_{1-\phi}$  – коефіцієнт випромінювання між полум'ям та горючим матеріалом.

Ступінь чорноти полум'я  $\varepsilon_{np}$  та коефіцієнт випромінювання між полум'ям та горючим матеріалом  $\phi_{1-\phi}$  визначаються за методиками, що розглядалися при вивченні дисципліни “Термодинаміка та теплопередача”. Критичні значення інтенсивності випромінювання в залежності від часу випромінювання для деяких речовин надані у таблиці 3 додатку 3.

При аналізі можливих джерел запалювання від теплових проявів механічної енергії необхідно встановити наявність технологічних операцій при яких можуть проходити механічні процеси з виділенням енергії. До подібних можна віднести: роботу редукторів, підшипників, особливо підшипників ковзання при недостатньому змащуванні, робота з перевантаженням транспортерних стрічок та приводних ременів, підвищення температури при терті в місцях де намотуються волокнисті матеріали на вали машин [3, 4].

Процеси стиснення газів теж проходять з виділенням енергії. Одним з найбільш небезпечних теплових проявів є фрикційні іскри, що утворюються при ударах твердих тіл.

Максимальну температуру підшипників ковзання за відсутності змащення та примусового охолодження визначають за формулою:

$$t_{n.k.} \approx t_{cp} + \frac{a}{\alpha_{заг} \cdot S}, \quad (1.27)$$

де  $t_{n.k.}$  – максимальна температура підшипників ковзання, °С;  $t_{cp}$  – температура середовища, °С;  $a$  – коефіцієнт потужності, Вт;  $\alpha_{заг}$  – коефіцієнт теплообміну між



поверхнею та середовищем, Вт/(м<sup>2</sup>К);  $S$  – площа поверхні теплообміну підшипника, м<sup>2</sup> [4].

Коефіцієнт теплообміну  $\alpha_{заг}$  між поверхнею та середовищем визначається за формулою:

$$\text{якщо } t_{н.к.} > 60 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \alpha_{заг} = 11,63 \cdot \exp(0,0023 \cdot t_{нк}) \quad (1.28)$$

$$\text{якщо } t_{н.к.} \leq 60 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \alpha_{заг} = 4,07 \sqrt[3]{t_{н.к.} - t_{сп}} \quad (1.29)$$

Коефіцієнт потужності  $a$  визначається за формулою:

$$a = 0,44 \cdot f \cdot N \cdot d \cdot n, \quad (1.30)$$

де  $N$  - сила, що діє на підшипник, кг;  $d$  – діаметр шипа валу, м;  $n$  – частота обертання валу, хвл.<sup>-1</sup>;  $f$  – коефіцієнт тертя ковзання, який надано в таблиці 4 додатку 3 [4].

За розглянутою методикою можна також визначити температуру нагрівання стрічки під час її пробуксовування на ведучому барабані транспортеру. В цьому випадку  $N$  – сила натягу стрічки, кг;  $d$  – діаметр барабану, м;  $S$  – площа поверхні барабану, м<sup>2</sup>.

Стиснення газів в компресорах супроводжується підвищенням температури. Температуру газу при стисненні визначається за формулою:

$$T_{к} = T_{н} \left( \frac{P_{к}}{P_{н}} \right)^{\frac{(k-1)}{k}}, \quad (1.31)$$

де  $T_{н}$  і  $T_{к}$  - початкова і кінцева температура газу, К;  $P_{н}$  і  $P_{к}$  - початковий і кінцевий тиск, Па;  $k$ - показник адіабати, що визначається за формулою:

$$k = \frac{C_p}{C_v}, \quad (1.32)$$

де  $C_p$  і  $C_v$  – ізобарна та ізохорна питома масова теплоємність газу, Дж/(кг К).

Визначаючи наявність джерел запалювання під час утворення іскор безпосередньо в горючому середовищі, необхідно розрахувати енергію іскри  $W_{ДЗ}$  в Дж, та порівняти його з мінімальною енергією запалювання  $W_{min}$ .

Енергія іскри визначається як кількість тепла, яка передається від краплі металу до горючого матеріалу і розраховується:

$$W_{ДЗ} = V_K \cdot \rho_K \cdot C_t \cdot (t_K - t_{CC}), \quad (1.33)$$

де  $C_t$  – питома масова теплоємність металу при середній температурі  $0,5 \cdot (t_K + t_{CC})$ , Дж/(кг·К);  $t_K$  – температура краплі металу, °С;  $t_{CC}$  – температура самоспалахування горючого матеріалу, °С.

Фрикційна іскра може стати джерелом запалювання, якщо виконується умова:

$$W_{ДЗ} \leq 0,4 \cdot W_{min} \quad (1.34)$$

Хімічні реакції, що протікають в технологічному процесі та при зберіганні речовин можуть приводити до появи джерел запалювання [3, 4].

В КР розглядаються такі теплові прояви, як самоспалахування та самозаймання. Для визначення можливості самоспалахування необхідно провести пошук у довідниковій літературі [2] температури самоспалахування  $t_{cc}$ . (°С). При необхідності можна провести розрахунок температури самоспалахування по довжині вуглецевого ланцюга.

Після цього визначається температурний режим технологічного процесу та максимальної температури нагріву поверхонь технологічного обладнання  $t_{роб.}$ (°С). Умова запобігання запалювання від самоспалахування визначається як:

$$t_{роб} < 0,8 t_{cc} \quad (1.35)$$

Для визначення можливості виникнення процесу самозаймання необхідно розглянути умови процесу теплового самозаймання [4].

Мінімальна температура середовища, при якій відбувається теплове самозаймання визначається так:

$$\lg t_c = A_p - n_p \cdot \lg S_{num}, \quad (1.36)$$

а час нагрівання речовин до моменту самозаймання з формули:

$$\lg \tau_c = \frac{A_e - \lg t_c}{n_e}, \quad (1.37)$$

де  $t_c$  – температура навколишнього середовища °С;  $\tau_c$  - час нагрівання, год.;  $A_p$ ,  $A_e$ ,  $n_p$ ,  $n_e$  – емпіричні константи;  $S_{num}$  – питома поверхня тепловіддачі, м<sup>-1</sup>.

Для визначення можливості хімічного самозаймання необхідно визначити які хімічні екзотермічні реакції можуть проходити при контакті речовин, що обертаються у технологічному процесі. Для визначення можливості хімічного самозаймання речовин необхідно скористатися таблицею [4].

Повний аналіз можливих джерел запалювання від теплових проявів електричної енергії в розрахунково-пояснювальній записці курсової роботи можна не проводити, але потрібно визначити можливість утворення зарядів статичної електрики. Показником, що характеризує здатність речовин є питомий електричний опір  $R_{num}$ . Вважається, що речовина здатна до накопичення зарядів статичної електрики якщо її питомий електричний опір  $R_{num}$  перевищує критичне значення:

$$R_{кр} > 10^4 \cdot Ом \cdot м$$

#### 5.3.4. Можливі шляхи поширення пожежі

На об'єкті поширення пожежі при її виникненні можливе по виробничих комунікаціях, технологічних отворах, по сировині, матеріалам, будівельним конструкціям [3, 4].

В даному розділі необхідно провести аналіз можливості поширення пожежі по технологічному обладнанню та виробничим комунікаціям. Для цього необхідно проаналізувати наявність пристроїв та систем, які передбачені для запобігання поширення полум'я по паро-газовим комунікаціям, по трубопроводам для транспортування рідин та самопливним трубопроводам для транспортування речовин у роздрібненому вигляді. Необхідно також визначити наявність систем захисту апаратів від руйнування від надмірного тиску при вибуху, їх конструктивне виконання та відповідальність нормативним вимогам. Для апаратів з горючими газами та рідинами визначається наявність систем аварійного викиду або зливу продукту при пожежі.

При наявності вогнеперешкоджувачів необхідно провести перевірочний розрахунок критичного діаметру каналу  $d_{кр}$ , який визначається за формулою:

$$d_{кр} = \frac{Pe_{кр} \cdot R \cdot T_p \cdot \lambda}{u_n \cdot c_p \cdot P_p}, \quad (1.38)$$

де  $d_{кр}$  – критичний діаметр каналів сухого вогнеперешкоджувача, м;  $Pe_{кр}$  – критичне значення числа Пекле на межі гасіння полум'я (приймається рівним 6,5);  $u_n$  – нормальна швидкість поширення полум'я в сумішах різних парів і газів з повітрям, м/с;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності горючої суміші, Вт/(мК).

Повна методика розрахунку діаметру каналів сухого вогнеперешкоджувача надана у [4].

Під час розглядання умов поширення горіння необхідно оцінити вогнестійкість і газопроникність тунелів, попередження попадання горючих газів, парів і рідин у виробничу каналізацію, швидкість відключення пошкоджених апаратів і трубопроводів, можливість аварійного зливу або спорожнення апаратів і виконати перевірочний розрахунок тривалості зливу.

Для апаратів, в яких може утворюватися вибухонебезпечне середовище можуть бути проведені розрахунки максимального тиску під час вибуху [4], площі запобіжних клапанів або запобіжних мембран. Повна методика розрахунку запобіжних клапанів надана у [4].

Для апаратів, в яких зберігаються, або переробляються горючі рідини необхідно провести розрахунок часу аварійного спорожнення. Розрахунок часу спорожнення проводиться за формулою:

$$\tau_{спор} = \frac{0,452 \cdot F (H_1^{0.5} - H_2^{0.5})}{\varphi_{сист} \cdot f_{вих}}, \quad (1.39)$$

де  $\tau_{спор}$  – час спорожнення апарату, с;  $F$  – площа поверхні перерізу апарату, м<sup>2</sup>;  $H_1$  та  $H_2$  – початковий рівень рідини у апараті та рівень зливу рідини з аварійної системи, м;  $\varphi_{сист}$  – коефіцієнт витрати системи;  $f_{вих}$  – площа вихідного отвору системи аварійного зливу, м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт витрати системи  $\varphi_{сист}$  визначається:

$$\varphi_{сист} = \sqrt{\frac{1}{1 + 3 \sum_{i=1}^n N_i \cdot \xi_i}}, \quad (1.40)$$

де  $N_i$  – кількість місцевих опорів одного виду;  $\xi_i$  – числове значення і-го коефіцієнту;  $n$  – число видів місцевих опорів.

У тому разі, якщо система аварійного зливу відсутня, можна пропонувати її улаштування. Тоді проводиться розрахунок діаметру аварійного трубопроводу, який визначається:

$$d_{тр} = 0.758 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot \varepsilon_i}{\tau_{спор} \cdot \varphi_{сист} (H_1^{0.5} - H_2^{0.5})}}, \quad (1.41)$$

де  $V_i$  – геометричний об'єм і-го апарату, що підлягає спорожненню, м<sup>3</sup>;  $\varepsilon_i$  – ступень заповнення і-го апарату;  $n$  – число апаратів, що підлягає спорожненню.

Для апаратів з горючими газами може бути проведено розрахунок часу аварійного випуску газу та площі перерізу випускного трубопроводу.

Необхідно встановити наявність умов, які будуть сприяти поширенню полум'я або продуктів горіння, а також наявність засобів попередження поширення горіння по технологічним лініях продуктопроводів, дати оцінку конструктивного виконання і розташування вогнеперешкоджувачів, зробити перевірочний розрахунок з урахуванням максимальних швидкостей поширення полум'я в даних умовах і сумарній інертності спрацювання елементів захисту.

Обмеження поширення пожежі на виробництві забезпечується: улаштуванням протипожежних перешкод; встановленням гранично припустимих площ між протипожежними стінами, обмеженням поверховості; застосуванням пристроїв, що запобігають розливу і розтіканню рідин при пожежах; застосуванням пристроїв аварійного відключення і перемикання установок і комунікацій при пожежах; створенням умов для аварійного видалення горючих речовин при пожежах; застосуванням вогнеперешкоджуючих пристроїв на технологічних комунікаціях і обладнанні.

#### **5.4. Визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою**

В курсовому проєкті визначають категорії приміщень досліджених виробництв за вибухопожежною та пожежною небезпекою [7]. У якості розрахункового критерію вибухопожежної і пожежної небезпеки вибирається найбільш несприятливий варіант аварії або період нормальної роботи апаратів, при якому у вибуху бере участь найбільша кількість речовин або матеріалів, найбільш небезпечних відносно наслідків вибуху.

Кількість речовин, що поступила в приміщення визначається за умов [4, 7]:

- розрахункової аварії апарату, що містить найбільшу кількість пожежонебезпечної речовини;
- надходження усієї речовини, що міститься в апараті, в приміщення;
- одночасного витоку речовин з трубопроводів, що живлять апарат по прямому і зворотному потоках, протягом часу, необхідного для їх відключення;
- випаровування рідини, що розлилася;

- випаровування рідини з апаратів, що експлуатуються з відкритим дзеркалом рідини або з фарбованих поверхонь;
- тривалості випаровування рідини, що дорівнює часу її повного випаровування, але не більше ніж 300 с.

Кількість пилу, яка може утворювати вибухонебезпечну концентрацію, визначається за умов [7]:

- наповнення пилом виробничого приміщення за умов нормального режиму роботи, що передувало розрахунковій аварії;
- планової або раптової розгерметизація одного з апаратів в момент розрахункової аварії з подальшими аварійним викидом в приміщення всього пилу, що знаходився в апараті.

Критерієм оцінки вибуху в приміщеннях є надлишковий тиск  $\Delta P_{виб}$ , що визначається для індивідуальних речовин і сумішей відповідно [7].

Розрахункове обґрунтування категорії приміщення відображається у пояснювальній записці. Результати перевірки додаються до пояснювальної записки у надрукованому виді.

## **5.5. Розробка інженерно-технічних рішень та протипожежних заходів**

На підставі проведеного аналізу пожежної небезпеки апаратів, що приймають участь в технологічному процесі, і які надані згідно відповідного варіанту, необхідно запропонувати інженерно-технічне рішення та протипожежні заходи у вигляді припису.

### **5.5.1. Інженерно-технічні рішення**

Інженерно-технічні рішення (ІТР) повинні бути направлені на виключення утворення горючого середовища, виключення появи джерел запалювання та обмеження поширення можливої пожежі на виробництві.

У даному розділі КП необхідно привести опис запропонованого рішення (принцип роботи, улаштування, призначення), а також надати його принципову

схему чи креслення.

Вибір того чи іншого ІТР слід робити з урахуванням завдання за варіантами.

### **5.5.2. Протипожежні заходи**

На підставі діючих нормативних документів для відповідної галузі виробництва необхідно сформулювати заходи пожежної безпеки і оформити їх у вигляді припису (не менше 15 пунктів).

## **5.6. Висновки**

Закінчуючи написання пояснювальної записки, необхідно зробити короткий висновок, в якому треба відобразити основні питання, що розглядалися у КП.

## **5.7. Список використаної літератури**

Останнім аркушем пояснювальної записки повинен бути список літератури, що була використана під час написання КП.

## **6. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИБОРУ ВАРІАНТУ**

В даному розділі приводиться опис та схеми технологічних процесів, необхідні параметри технологічного обладнання у відповідності з варіантом, а також схеми розміщення технологічного обладнання у приміщеннях та виробничих площадках [3, 4, 6, 7, 8].

### **6.1. Завдання для написання курсового проекту з описом технологічного процесу “Установка первинної перегонки нафти (АТ)”**

Установка АТ (атмосферна трубчатка) призначена для перегонки нафти в бензин, гас, дизельне паливо, мазут. Сировина, що надходить на установку, тобто



сира нафта, являє собою складний розчин взаємно розчинних рідких, твердих, газоподібних вуглеводнів з різною молекулярною вагою. Розчин має також домішки різних солей сірки, від надлишкової кількості яких він очищається перед початком процесу перегонки. Вуглеводні, що входять до складу нафти, мають різну температуру кипіння. Це дає можливість отримувати з нафти фракції з різними інтервалами температури кипіння - від найбільш легких фракцій до важких.

Принципова схема установки АТ представлена на рис. 6.1. Сира нафта, очищена від солей і води зберігається на складі сировини в резервуарах 1. З резервуарів нафта забирається насосом і подається в теплообмінники-підігрівники 2, у яких нагрівається до температури 100-120°C. Підігрів нафти ведеться за рахунок використання теплоти кінцевого продукту перегонки мазуту, що при виході з ректифікаційної колони має температуру близько 350°C.

Від підігрітої до 100-120°C сирої нафти можна відокремити найбільш легкі пари-пари бензину і розчинені в нафті газу. Для цього нафта з теплообмінника 2 подається в попередній випарник 3, що являє собою вертикальну колону з тарілками. Під час руху нафти по тарілкам зверху вниз з неї виділяються пари легкого бензину і по трубопроводу 7 подаються в основну ректифікаційну колону 8. У нижній частині колони 3 накопичується нафта, що насосом 4 і під тиском 1,6 МПа подається в змійовик трубчастих печей 5.

У трубчастій печі нафта нагрівається до температури кипіння суміші, яка надходить в основну ректифікаційну колону 8 по лінії 6. Так як тиск у колоні 0,13...0,14 МПа, на лінії 6 є редуктор для зниження цього тиску.

Ректифікаційна колона 8 являє собою високий вертикальний циліндричний апарат з тарілками. Нижня частина колони підігрівається гострим перегрітим водяним паром, що подається по лінії 24. Верхня частина колони живиться зрошенням (бензином), що подається по лінії 13. Улаштування і робота ректифікаційної колони надані в [4, 8].

Нафта, що надходить у ректифікаційну колону, (за рахунок взаємодії рідкої фази, що рухається по тарілках зверху вниз, з паровою фазою, що рухається знизу нагору) розділяється на потрібні фракції. З верхньої частини колони виходить

сама легка фракція - суміш парів бензину з водяним паром. Ця суміш по трубі 9 поступає на конденсацію й охолодження в конденсатор-холодильник 10. Отримана суміш конденсату (бензин, вода) і продуктів, що не сконденсувалися, (пари бензину і легкі вуглеводневі гази) надходять на розділення у газосепаратор 11. У газосепараторі вода відстоюється від бензину і відводиться з нижньої частини апарата в дренажну каналізацію. Бензин із середньої частини газосепаратору відкачується насосом 12 і подається на зрошення по лінії 13 та в резервуар товарної продукції 14. Газова фаза відводиться з верхньої частини газосепаратора на утилізацію. Фракція тракторного гасу проходить колону 8 у холодильник 16 і в охолодженому стані насосом 15 по лінії 17 подається в товарний парк. Фракція дизельного палива подається з колони 8 у холодильник 19 і охолоджена по лінії 20 поступає в товарний парк.

Залишок від перегонки нафти (гарячий мазут) з нижньої частини ректифікаційної колони 8 прокачується через теплообмінники 2 для підігріву сирої нафти. Для охолодження мазут проходить холодильник 23 і насосом 22 по лінії 21 подається в резервуари.

Всі апарати, крім насосів, розташовані на відкритих площадках. Насоси розміщені в насосних станціях. На рис. 6.2. представлено план розміщення обладнання установки АТ. Здобувачі, у яких дві останні цифри залікової книжки від 00 до 09, повинні дати: аналіз пожежної небезпеки апаратів, дані про які приведені в табл.6.2. Крім того, вони повинні (шляхом розрахунку) визначити категорію пожежовибухонебезпеки приміщення насосної станції, де розташовані сировинні насоси. Характеристика приміщення насосної станції приведена також в табл. 6.2.

Здобувачі, у яких дві останні цифри залікової книжки від 10 до 19, повинні дати аналіз пожежної небезпеки апаратів, дані про яких приведені в табл. 6.3. Крім того, шляхом розрахунку необхідно визначити категорію пожежовибухонебезпеки приміщення насосної станції. Дані про насосну станцію приведені в табл. 6.3.

У табл. 6.1 приведені розміри і режими роботи деяких апаратів, задіяних в технологічній схемі, що аналізується .

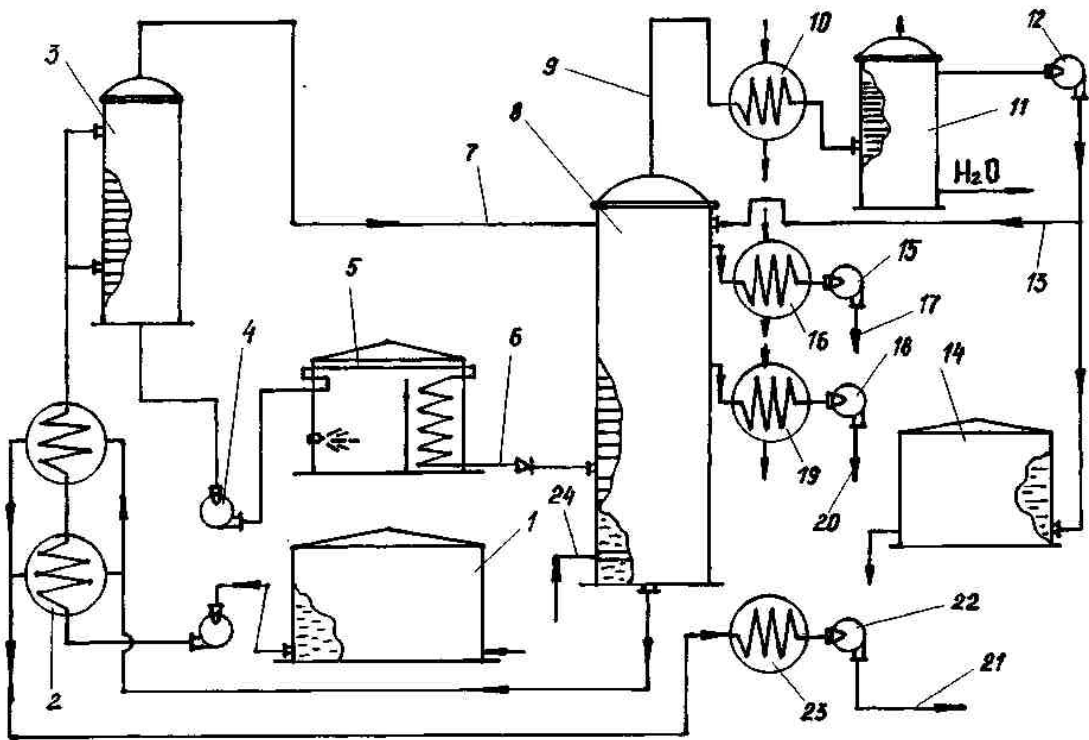


Рис. 6.1. Схема установки АТ

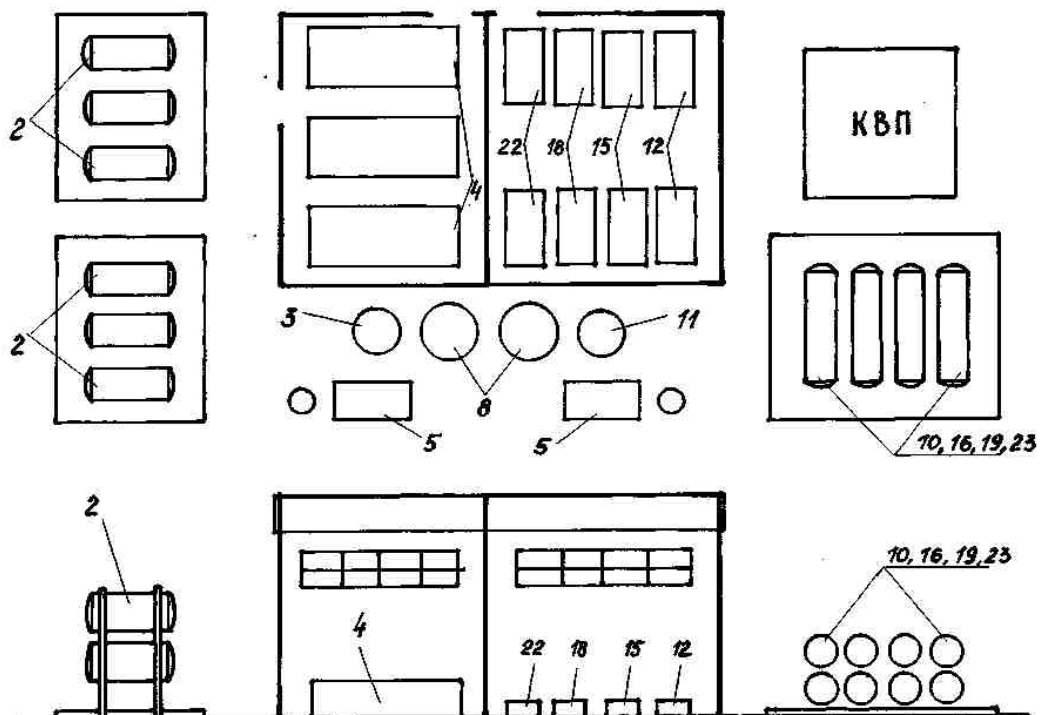


Рис. 6.2. План розміщення обладнання установки АТ

Таблиця 6.1 Специфікація та основні технологічні дані апаратів

№п/п	Назва апаратів	Режим роботи		Розміри		Примітка
		P, ат	t, °C	d, м	H, м	
1.	Резервуар з нафтою	0,005	20	10	5	Див. прим. 1
2.	Теплообмінники	2	120	0,8	6	
3.	Попередній випаровувач	1	100	1,5	8	
4.	Насоси «гарячі»	16	100	-	-	Див. прим. 1
5.	Трубчаста піч	16	350	-	-	Див. прим. 1
6.	Лінія з редуктором	-	-	-	-	
7.	Лінія бензинових парів	-	-	-	-	
8.	Ректифікаційна колона	1,5	100-350	3	32	Див. прим. 2
9.	Шлемова трубка	-	-	-	-	
10.	Холодильник-конденсатор	1,2	30	0,8	6	
11.	Газосепаратор	1,1	30	0,8	4	
12.	Насос бензиновий	3	30	-	-	Див. прим. 2
13.	Лінія подачі зрошення	-	-	-	-	
14.	Резервуар з бензином	-	-	-	-	Див. прим. 2
15.	Насос гасу тракторного	-	-	-	-	
16.	Холодильник гасу	1,5	40	0,8	6	
17.	Лінія відведення гасу	-	-	-	-	
18.	Насос дизельного палива	3	30	-	-	
19.	Холодильник дизпалива	1,5	40	0,8	6	
20.	Лінія відведення дизпалива	-	-	-	-	
21.	Лінія відведення мазуту	-	-	-	-	
22.	Насос мазутний	-	-	-	-	
23.	Холодильник мазуту	1,5	40	0,8	6	
24.	Лінія перегрітого вод. пару	-	-	-	-	

Таблиця 6.2 Технологічні дані апаратів для двох останніх номерів залікових книжок від 00 до 09

№ по з.	Апарати	Деякі параметри апаратів	ВАРІАНТИ										
			00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	
1	Резервуар із сировою нафтою	Об'єм, м <sup>3</sup>	800	1000	1200	1500	2000	2000	1500	1200	1000	800	
		Ступінь заповнення, %	0,95	0,95	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,95	0,95
		Робоча температура, °С	20	25	30	30	25	20	20	25	30	25	
		Надлишковий тиск, МПа	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Температура початку кипіння, °С	100	105	70	75	80	85	90	95	100	110	
		Ps при t роб., мм. рт. ст.	140	150	150	150	175	155	135	140	135	155	
4	Насоси сировинні "гарячі", поршневі	Робоча температура, °С	20	25	30	30	25	20	20	25	30	25	
		Робочий тиск, МПа	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,0	1,1	1,2	1,3	
		Діаметр всмоктувальної лінії, мм	100	125	137	150	175	175	150	137	125	100	
		Діаметр нагнітаючої лінії, мм	75	75	100	100	125	125	100	100	75	75	
		Діаметр валу, мм	40	50	50	45	45	50	50	45	45	50	
		Вид ущільнення валу	ТУ*	СУ	ТУ	СУ	ТУ	ТУ	ТУ	СУ	ТУ	ТУ	
5	Трубчаста піч	Продуктивність, м <sup>3</sup> /хв	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	1,8	1,6	1,6	1,4	1,4	
		Діаметр труб, м	75	75	137	150	175	175	150	137	125	100	
		Довжина змійовика, м	350	400	400	400	450	450	450	400	400	400	
		Робочий тиск, МПа	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	0,8	0,9	1,0	1,1	
		Робоча температура рідини, °С	325	330	335	340	345	350	355	360	365	370	
		Температура топочного газу, °С	1000	1000	800	900	1000	1000	900	900	1000	1000	
4	Насосна станція	Наявність парової завіси	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	
		Паливо	Газ	Газ	Рід.	Рід.	Газ	Газ	Рід.	Рід.	Газ	Газ	
		Ширина, м	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
		Довжина, м	6	8	10	8	10	8	5,5	8	6	6,5	
		Висота, м	5	5	6	5,5	7	4	4	3,5	4	6	
		Повітреобмін n, 1/год	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	7,5	
4	Насосна станція	Довжина лінії до засувки, м	6	7	8	9	10	10	9	8	7	6	
		Кількість насосів	2	3	4	3	4	4	3	3	2	2	
		Відключення засувки	руч.	руч.	руч.	авт.	авт.	авт.	руч.	руч.	авт.	авт.	
		Стационарна система гасіння	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	



Таблиця 6.3 Технологічні дані апаратів для двох останніх номерів залікових книжок від 10 до 19

№ п.оз.	Апарати	Параметри апаратів	ВАРІАНТИ									
			10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
14	Резервуар для бензину	Об'єм, м <sup>3</sup>	1000	900	800	700	600	1000	900	800	700	600
		Ступінь заповнення, %	0,95	0,9	0,9	0,9	0,95	0,9	0,95	0,9	0,95	0,9
		Робоча температура, °С	30	30	25	25	20	20	30	25	20	25
		Тиск, МПа	0,101	0,101	0,102	0,102	0,100	0,100	0,101	0,102	0,102	0,101
		Температура початку кипіння, °С	60	65	50	60	65	60	55	50	55	60
		Молекулярна вага рідини	100	95	90	105	110	100	95	90	95	100
12	Насос бензиновий відцентровий	Робочий тиск, МПа	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
		Робоча температура, °С	30	30	25	25	20	20	30	25	20	25
		Діаметр всмоктувальної лінії, мм	200	125	150	100	200	150	125	100	125	150
		Діаметр нагнітаючої лінії, мм	150	125	100	75	150	125	100	75	100	125
		Вид ущільнення валу	ТУ	СУ	ТУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ
		Діаметр валу, мм	25	30	35	25	30	35	25	30	35	30
		Продуктивність, м <sup>3</sup> /хв	0,6	0,5	0,55	55	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6
8	Ректифікаційна колона	Діаметр, м	4	4	3,5	3,5	3,0	3,5	4	3,5	3,0	3,0
		Висота, м	32	30	28	26	26	30	32	32	30	28
		Температура низу колони, °С	330	330	340	345	350	350	360	330	340	350
		Температура верху колони, °С	180	190	180	180	180	190	200	170	180	190
		Тиск середній, МПа	0,14	0,13	0,13	0,14	0,13	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14
		Об'єм парового простору, %	0,7	0,75	0,8	0,75	0,7	0,8	0,75	0,7	0,8	0,7
		Наявність парової завіси	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+
12	Насосна станція продуктивних насосів	Розміри приміщення, м	6x10x4	6x9x4	6x8x5	6x8x4	6x7x4	6x10x5	6x9x3	6x8x5	6x7x5	4x7x3
		Повітреобмін n, 1/год	4	5	6	7	5	10	7	7	6	5
		Довжина лінії від насосу, м	10	9	8	7,5	6,8	7,4	8	8,5	4,5	5,5
		Кількість насосів	8	8	6	6	6	8	8	6	8	6
		Відключення засувок	руч.	руч.	руч.	руч.	авт.	авт.	авт.	авт.	руч.	руч.

## **6.2. Завдання для написання курсового проекту з описом технологічного процесу "Установка для уловлювання парів ЛЗР із горючого газу методом абсорбції"**

Із суміші газів і парів необхідну речовину можна виділити, використовуючи метод абсорбції. Абсорбцією, як відомо [3], називається процес поглинання парів або газів із газових чи парогазових сумішей рідкими поглиначами-абсорбентами. При уловлюванні бензинових вуглеводнів із природного газу у якості абсорбенту використовують солярове мастило, а при уловлюванні парів спирту із етилену, у якості абсорбенту використовують воду.

Технологічні схеми абсорбційних процесів уловлювання бензинових парів із природного газу і парів етилового спирту із етилену принципово не відрізняється одна від другої. Тому нижче приведена схема (рис.6.3.) і надано опис технологічного процесу абсорбційної установки, для обох випадків.

Дана установка придатна як для уловлювання парів бензину з природного газу, так і парів етилового спирту з етилену.

Суміш пару і газу, яка поступає на установку по лінії 1 діаметром 0,4 м (у першому випадку - природний газ з парами бензину, у другому випадку - етилен з парами етилового спирту) з початковим тиском 0,6 МПа і температурою 20°C піддається охолодженню до температури 10°C у водяних кожухотрубчатих холодильниках 2. Попередній стиснення і охолодження початкової суміші забезпечує в подальшому більш ефективно уловлювання парів. З холодильників 2 суміш пару і газу поступає у два послідовно з'єднаних абсорбери 3. Абсорбери в даному випадку являють собою вертикальні циліндричні апарати, внутрішній об'єм яких заповнений насадкою у вигляді керамічних кілець. У верхню частину абсорбера насосом 12 подається регенований і охолоджений до температури +15°C в холодильнику 14 поглинач-абсорбент (у першому випадку солярове мастило, у другому - вода). Абсорбент, поглинувши з газу пари бензину чи спирту, надходить у виді насиченого розчину в збірник 16. Очищений від пару газ (природний чи етилен)



виходить з абсорбера по лінії діаметром 0,3 м і надходить у компресор 7, де стискується до тиску, необхідного для подальшої його переробки. Стиснутий газ по лінії 8 діаметром 0,4 м відводиться з компресорної станції. Насичений абсорбент із температурою 120°C з ємності 6 насосом 15 подається під тиском 0,4 МПа на поділ (десорбцію) у ректифікаційну колону 5. Перед надходженням на десорбцію абсорбент підігрівається до температури кипіння в підігрівачі, що працює під тиском 0,4 МПа.

Ректифікаційна колона 5 має ковпачкові тарілки. Температура у верхній частині колони дорівнює температурі кипіння рідини, що уловлюється, (бензину чи етилового спирту), а температура в нижній частині колони дорівнює температурі кипіння абсорбенту, що застосовується (солярового мастила або води). Нижня частина колони має виносні кожухотрубчасті підігрівачі.

Теплоносієм виносних підігрівачів ректифікаційної колони 5 і підігрівника насиченого абсорбенту 13 є водяний насичений пар. У ректифікаційній колоні з абсорбенту відганяються поглинені ним з початкової суміші пари бензину або етилового спирту. Пара виходить з верхньої частини колони і надходить на конденсацію й охолодження в конденсатор-холодильник 6. Отриманий конденсат (бензин чи етиловий спирт), що має температуру +20°C, надходить у ємність ректифікату 10. З ємності частина рідини насосом 11 подається як флегма на зрошення ректифікаційної колони 5, інша частина подається на склад (у ємності готової продукції).

Всі основні апарати технологічної схеми розміщені на відкритій площадці. Колонні апарати (абсорбери, ректифікаційні колони) і зв'язана з ними апаратура розміщені на триповерховій металевій етажерці, що має два сходи. Холодильники, підігрівачі та проміжні ємності розташовані на окремих площадках, що мають за периметром бортики (висотою 15 см) для захисту від розтікання рідини. Насоси і компресори розміщені в ізольованих відсіках будівлі першої ступені вогнестійкості. На рис. 6.4 представлений план розміщення технологічного устаткування на виробничій площадці і один із бокових видів.

Технологічні параметри апаратів приведені в табл. 6.4-6.6. Здобувачі, у яких дві останні цифри залікової книжки від 20 до 29, після короткого викладення суті технологічного процесу поглинання парів бензину із природного газу, повинні провести аналіз пожежної небезпеки апаратів, данні про яких приведені в табл. 6.5. і визначити розрахунковим методом категорію вибухопожежонебезпеки приміщення компресорної станції для стиснення природного газу. Здобувачі, у яких дві останні цифри залікової книжки від 30 до 39, після викладення суті технологічного процесу уловлювання парів етилового спирту із етилену, повинні провести аналіз пожежної небезпеки апаратів, данні про яких приведені в табл. 6.6 і визначити розрахунковим методом категорію вибухопожежонебезпеки приміщення компресорної станції для стиснення етилену.

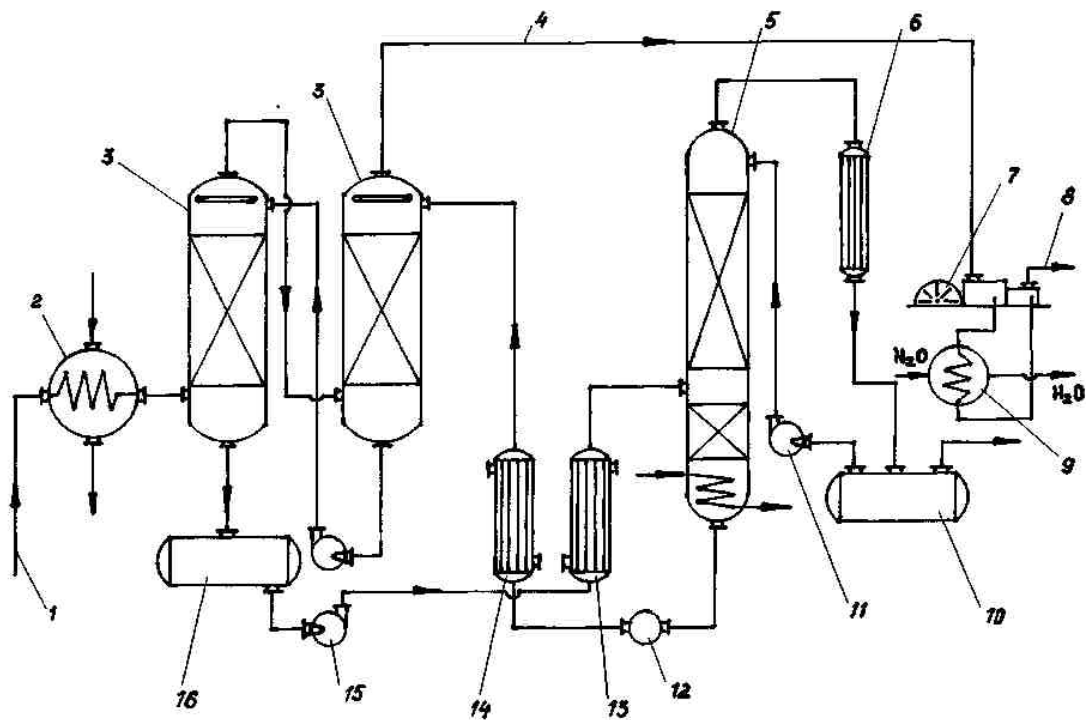


Рис.6.3. Схема технологічного процесу абсорбційної установки

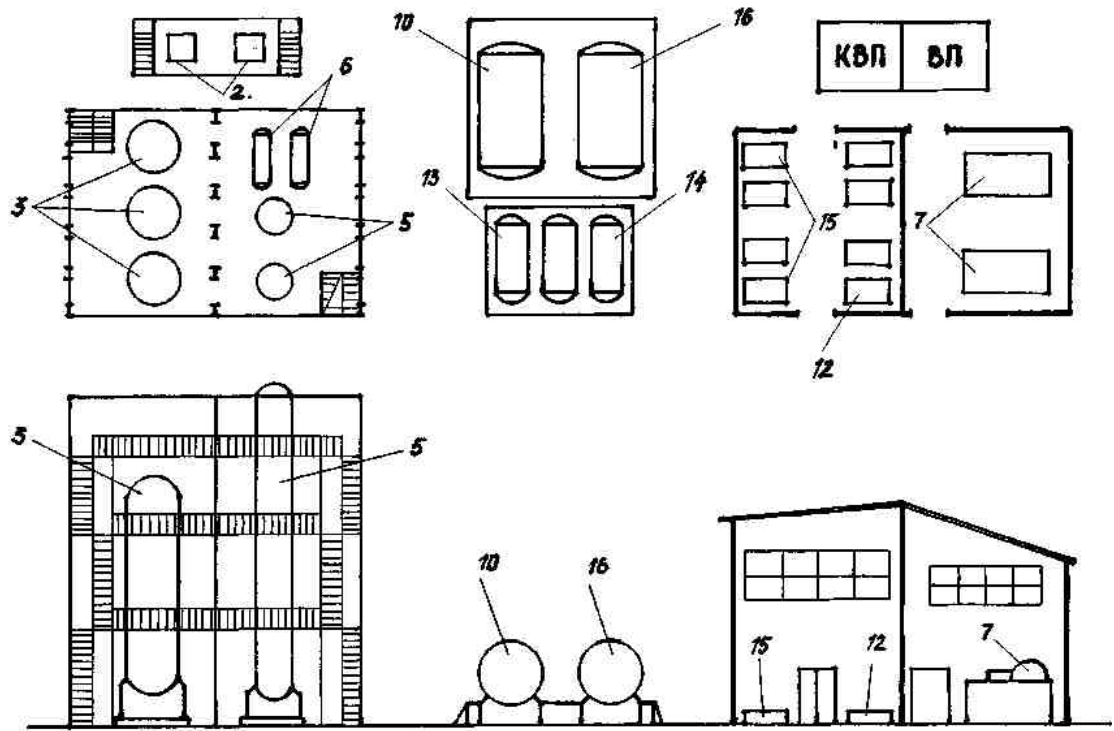


Рис.6.4. План розміщення технологічного обладнання

Таблиця 6.4. Специфікація та основні технологічні дані апаратів

№п/п	Назва апаратів	Режим роботи		Розміри		Примітка
		P, атм	t, °C	d, м	l, м	
1.	Лінія подачі газу на абсорбцію	6	20	-	-	
2.	Холодильник газу кожухотрубчатий	6	10	0,8	5,0	
3.	Абсорбери	5	15	1,5	30	Див. прим. 1
4.	Лінія подачі газу до компресора	4,5	15	-	-	
5.	Десорбер (ректифікаційна колона)	4	170	2,5	32	Див. прим. 2
6.	Конденсатор-холодильник кожухотрубчатий	1,5	20	0,8	5,0	
7.	Компресор газовий	24	50	-	-	Див. прим. 1 та 2
8.	Лінія стиснутого газу	24	50	-	-	
9.	Міжступінчатий холодильник	24	50	-	-	
10.	Приймач уловленого продукту	1,2	15	3,0	8,0	Див. прим. 2
11.	Насос відцентровий для подачі зрошення	6,0	15	-	-	
12.	Насос для подачі абсорбента в холодильник	6,0	-	-	-	
13.	Підігрівач насиченого абсорбента	4,0	170	0,8	5,0	
14.	Холодильник абсорбента	6,0	15	0,8	5,0	
15.	Насос для подачі абсорбенту на ректифікацію	4,0	20	-	-	
16.	Збірник насиченого абсорбенту	4,0	20	2,0	6,0	Див. прим. 1

Таблиця 6.5 Технологічні дані апаратів для двох останніх номерів залікових книжок від 20 до 29

№ поз.	Апарати	Параметри апаратів	ВАРІАНТИ										
			20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
3	Абсорбер для уловлювання бензину із природнього газу	Тиск, атм	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
		Температура, °С	10	10	10	10	15	15	15	20	20	20	
		Насадка											
		Діаметр, м	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
		Висота, м	20	20	25	25	30	30	32	32	34	34	
		Стаціонарна система гасіння	орош.	немає	орош.	немає	немає	орош.	орош.	немає	немає	орош.	
		Запобіжний клапан	є	є	немає	є	немає	є	немає	є	немає	є	
16	Ємність насиченого абсорбенту (сол. маст. з розчином бензину)	Об'єм, м <sup>3</sup>	10	12	14	16	20	22	25	25	25	25	
		Ступінь заповнення	0,9	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	
		Тиск, атм	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
		Температура, °С	10	10	10	10	15	15	15	20	20	20	
		Забезпечення рівня	вимір	вимір	рег.	рег.	вимір	вимір	рег.	рег.	рег.	рег.	
		Захист від тиску	немає	немає	є	немає	немає	є	немає	немає	є	є	
		Аварійний злив	немає	немає	немає	немає	немає	є	є	є	немає	є	
5	Компресори для стиснення природнього газу	Тиск газу, атм	16	18	20	16	18	20	16	18	20	22	
		Температура, °С	40	45	50	55	60	40	45	50	55	60	
		Продуктивність, м <sup>3</sup> /хв	100	120	140	160	180	120	130	140	150	160	
		Діаметр ліній, мм	100	100	120	120	150	150	180	180	180	180	
		Відключення засувок	ручне	ручне	авт.	авт.	ручне	ручне	авт.	авт.	ручне	авт.	
		Відстань до засувок	6	6	6	8	8	8	8	10	10	10	
4	Компресор на станція	Ширина будівлі, м	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
		Довжина приміщення, м	24	24	24	30	30	30	30	36	36	36	
		Висота будівлі, м	10	12	8	10	8	12	10	8	12	10	
		Повітреобмін n, 1/год	6	8	6	8	8	10	8	8	10	8	
		Швидкість повітря, м/с	0,4	0,6	0,5	0,7	0,8	1,0	0,6	0,4	0,8	0,6	

Таблиця 6.6 Технологічні дані апаратів для двох останніх номерів залікових книжок від 30 до 39

№ поз.	Апарати	Деякі параметри апаратів	ВАРІАНТИ									
			30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
5	Десорбер (ректифікаційна колона) для відгонки спирту	Тиск, атм	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	20
		Температура середовища, °С	110	110	110	110	115	115	115	120	120	120
		Діаметр, м	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		Висота, м	24	25	26	27	28	29	30	31	32	34
		Паровий об'єм, %	80	80	80	70	70	70	80	80	80	80
		Захист від тиску	нема	нема	є	є	є	нема	нема	є	нема	нема
10	Прийомник спирту	Засоби гасіння	нема	нема	нема	нема	нема	нема	нема	нема	нема	нема
		Об'єм, м <sup>3</sup>	10	12	14	16	20	22	25	25	25	25
		Ступінь заповнення	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
		Тиск, атм	1,05	1,05	1,1	1,1	1,1	1,15	1,15	1,15	1,2	1,2
		Температура, °С	20	20	20	20	22	22	22	25	25	25
		Забезпечення рівня	нема	рег.	вимір	вимір	рег.	рег.	вимір	вимір	рег.	рег.
7	Компресор для стиснення етилену	Захист від тиску	є	нема	є	є	є	є	є	є	є	є
		Аварійний злив	нема	нема	нема	нема	нема	нема	є	є	є	є
		Тиск газу, атм	24	24	26	26	28	28	30	30	32	32
		Температура газу, °С	40	40	45	45	40	40	45	45	40	40
		Продуктивність, м <sup>3</sup> /хв	60	70	75	80	60	70	75	80	90	100
		Діаметр ліній, мм	75	75	75	100	75	75	75	100	100	120
7	Компресорна станція для стиснення етилену	Відстань до засувки, м	5	5	5	6	6	6	8	8	8	8
		Відключення засувки	авт.	руч.	авт.	руч.	руч.	авт.	авт.	руч.	авт.	руч.
		Ширина приміщення, м	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
		Довжина, м	18	18	18	24	24	24	30	30	30	30
		Висота, м	10	12	10	12	10	12	10	12	10	12
		Повітреобмін п, 1/год	8	6	8	6	8	8	10	10	10	10
		Довжина лінії від насоса, м	0,8	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,8	0,7	0,6	0,5

### **6.3. Завдання для написання курсового проекту з описом технологічного процесу “Установка для уловлювання парів ЛЗР із пароповітряної суміші методом адсорбції”**

Із пароповітряної суміші пари летючого розчинника можна виділити, використовуючи метод адсорбції. Адсорбцією називають процес поглинання одного або декількох компонентів із газової суміші чи розчину твердою пористою речовиною-адсорбентом. Установка призначена для уловлювання парів бензолу (при виробництві штучної шкіри) і парів бензину (при виробництві гумовотехнічних виробів) з пароповітряної суміші. Технологічні схеми адсорбційних процесів уловлювання із пароповітряної суміші парів бензолу і парів бензину принципово не відрізняються одна від одної. Тому нижче приведена схема (рис.6.5) і надано опис технологічного процесу адсорбційної установки, загальні для першого (уловлювання бензолу) та другого (уловлювання бензину) випадків.

Пароповітряна суміш, що поступила на установку по лінії 1 діаметром 0,4 м (у першому випадку - повітря з парами бензолу, у другому - повітря з парами бензину) має концентрацію: 10 г горючої речовини в 1 м<sup>3</sup> повітря. Пароповітряна суміш підсмоктується на установку відцентровим вентилятором 3 під надлишковим тиском 0,053 МПа при температурі 20°C і надходить по лінії 4 в адсорбер 7. Активоване вугілля, що знаходиться в адсорбері, поглинає 90% парів горючої речовини з пароповітряної суміші, а повітря з залишками пару викидається по лінії 9 діаметром 0,3 м в атмосферу. В адсорбері 8 у цей же момент (тобто коли в адсорбері 7 йде поглинання) відбувається процес десорбції (зворотне видалення з активованого вугілля парів розчинника). Для здійснення процесу десорбції в адсорбер по лінії 10 діаметром 0,1 м подається водяний пар під тиском 0,3 МПа з температурою 142°C. Суміш водяного пару і витягнутих з вугілля парів розчинника, нагріта до температури 110°C під тиском 0,15 МПа, по лінії 11 надходить у холодильник-конденсатор 12 на конденсацію. Охолодження пару у конденсаторі відбувається за рахунок подачі

через трубки холодної води. Отриманий у холодильнику 12 конденсат, що представляє собою суміш горючої рідини ( бензолу чи бензину) і води, надходить по лінії діаметром 0,15 м у відстійник 13 на розділення шляхом його розшаровування. Вода, як більш важка рідина, накопичується в нижній частині відстійника і по трубі 18 поступає в каналізацію. Горюча рідина, як більш легка, з верхньої частини відстійника 13 насосом 15 подається в ємність розчинника 16 з дихальним клапаном. Ця ємність має дихальну трубу діаметром 0,1 м. Пари, що не скондесувалися, з відстійника по лінії 14 надходять знову в адсорбер на уловлювання. Після процесу поглинання парів адсорбер 7 переключається на десорбцію, а адсорбер 8 (після десорбції) переключається на поглинання парів розчинника, тобто через нього пропускають пароповітряну суміш.

Для сушіння зволоженого після десорбції вугілля пароповітряну суміш, що пропускається через адсорбер, підігрівають якийсь час у кожухотрубчатому паровому підігрівачі до температури  $+80^{\circ}\text{C}$ . Під час аварійної ситуації на ректифікаційній станції пароповітряна суміш викидається в атмосферу по трубі 5 діаметром 0,3 м. Від поширення полум'я лінії пароповітряної суміші захищені гравійними вогнеперешкоджувачами 2 (висота насадки 0,1 м, діаметр гравію 3 мм), а для захисту їх від руйнування під час вибуху застосовують мембранні запобіжні клапани МК діаметром 0,2 м.

Адсорбери розташовані на відкритій металевій етажерці, пов'язаною з будівлею другої ступені вогнестійкості. (У цій будівлі розміщені всі апарати установки.) План розміщення адсорберів та інших технологічних апаратів, а також переріз установки показані на рис. 6.6. Розміри будівлі, а також дані окремих апаратів приведені в табл. 6.7- 6.9.

Здобувачі, що мають дві останні цифри залікової книжки 40...49, займаються аналізом пожежної небезпеки апаратів, дані про яких приведені в табл.6.8, а також визначають (розрахунковим шляхом) категорію вибухопожежонебезпеки приміщення, де знаходяться ємності бензолу. Дані про приміщення ємностей бензолу приведені в табл. 6.8.



Здобувачі, що мають дві останні цифри залікової книжки 50...59, після короткого викладення суті технологічного процесу уловлювання парів бензину із пароповітряної суміші, повинні провести аналіз пожежної небезпеки апаратів, дані про яких наведені в табл. 6.9, а також визначають (розрахунковим шляхом) категорію вибухопожежонебезпеки приміщення, де знаходяться сепаратори і насоси відкачки бензину. Дані про ці приміщення приведені також в табл. 6.9.

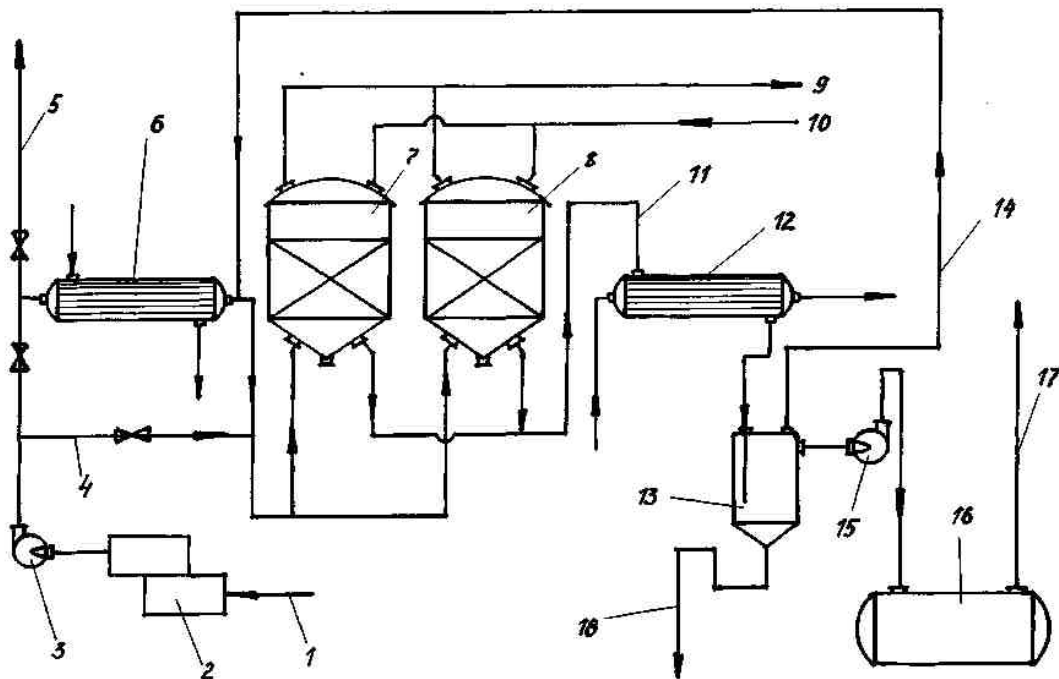


Рис. 6.5. Схема технологічного процесу уловлювання парів ЛЗР із пароповітряної суміші методом адсорбції

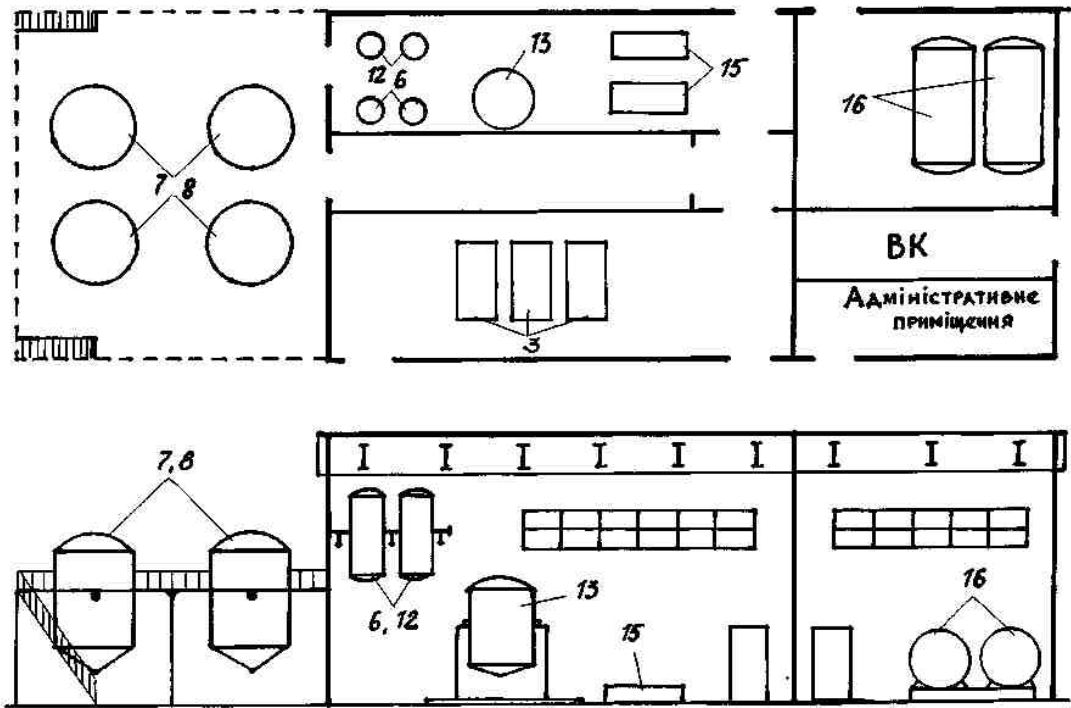


Рис. 6.6. План розміщення технологічного обладнання у виробничому приміщенні

Таблиця 6.7. Специфікація та основні технологічні дані апаратів

№п/п	Назва апаратів	Режим роботи		Розміри		Примітка
		P, ата	t, °C	d, м	l, м	
1	Лінія подачі ППС	0,9	18	0,4	40	
2	Вогнеперешкоджувач (гравійний-5мм)	-	-	-	-	
3	Вентилятор відцентровий	1,2	18	-	-	
4	Лінія ППС	-	-	0,3	-	
5	Лінія аварійна ППС	-	-	0,3	10	
6	Підігрівач	1,2	60	1,0	4,0	
7	Адсорбери вугільні	1,1	30	-	-	Див. прим. 1,2
8	Лінія викиду повітря	1,05	30	0,3	20	Див. прим. 1,2
9	Лінія подачі водяного пару	4,0	142	0,1	-	
10	Лінія до конденсату	1,5	110	0,15	-	
11	Конденсатор кожухотрубчатий	1,05	30	1,0	4,0	
12	Сепаратор-відстійник	1,01	30	0,6	1,6	Див. прим. 2
13	Лінія неконденсованого пару	-	-	-	-	
14	Насос розчинника	1,5	30	-	-	Див. прим. 1,2
15	Ємність розчинника	1,01	30	4	8	Див. прим. 1
16	Дихальна лінія резервуару	-	-	-	-	
17	Лінія відведення води	-	-	-	-	

Таблиця 6.8. Технологічні дані апаратів для двох останніх номерів залікових книжок від 40 до 49

№ поз.	Апарати	Деякі параметри апаратів	ВАРІАНТИ									
			40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
7, 8	Адсорбер вугільний для уловлювання парів бензолу	Діаметр, м Висота вугілля, м Тиск, атм Температура, °С Захист від тиску Стаціонарна система гасіння Тиск насиченого пару, атм	2,5 0,6 1,1 25 - вода 3,0	2,6 0,7 1,1 28 мк нема 3,2	2,7 0,8 1,2 30 - нема 3,4	2,8 0,9 1,2 32 - вода 3,6	2,9 1,0 1,1 35 - нема 3,8	3,0 1,2 1,1 25 - нема 4,0	2,5 0,7 1,2 28 мк нема 4,0	2,6 0,8 1,2 30 - вода 3,8	2,8 0,9 1,1 32 мк вода 3,6	3,0 1,0 1,2 35 мк вода 1,0
16	Ємність бензолу	Об'єм, м <sup>3</sup> Ступінь заповнення Температура рідини, °С Тиск робочий, атм Захист дихальної лінії Аварійний злив	16 0,95 18 1,01 ДК -	18 0,95 18 1,02 - +	20 0,9 22 1,03 - +	22 0,9 22 1,04 ДК -	24 0,95 27 1,05 - +	24 0,95 27 1,01 ДК -	22 0,9 23 1,03 ДК -	20 0,9 21 1,03 ДК -	22 0,8 27 1,04 - +	24 0,9 27 1,05 ДК +
15	Насос для відкачування бензолу відцентровий	Тиск, атм Температура, °С Діаметр всмоктуючої лінії, мм Діаметр нагнітаючої лінії, мм Відключення засувок Відстань до засувок, м Діаметр валу, мм Продуктивність, м <sup>3</sup> /хв	1,2 20 75 50 авт. 5 30 100	1,25 22 75 50 авт. 4,5 35 110	1,3 25 75 50 руч. 5,5 35 115	1,4 30 80 50 руч. 6 40 120	1,5 30 80 50 авт. 6,5 30 100	1,4 25 100 75 руч. 4 30 95	1,3 25 100 75 авт. 3,5 40 100	1,2 20 100 75 руч. 3 25 110	1,25 18 110 75 авт. 7 40 120	1,55 15 75 50 руч. 5 20 100
	Приміщення, де розташовані ємності з бензолом	Ширина будівлі, м Довжина приміщення, м Висота будівлі, м Повітреобмін n, 1/год Швидкість повітря, м/с Діаметр ліній, мм Відстань до засувок, м Відключення засувок	18 20 6 8 0,4 50 7 руч.	20 24 6 8 0,6 50 8 руч.	22 26 6 8 0,5 50 9 авт.	24 30 8 10 0,6 50 10 авт.	25 32 8 10 0,8 75 8 руч.	24 36 8 10 0,5 55 7 руч.	22 20 6 10 0,6 75 6 авт.	20 22 7 9 0,6 55 9 руч.	22 23 5 7,5 0,4 75 5 руч.	21 20 5,6 7 0,2 70 4,5 авт.

Таблиця 6.9 Технологічні дані апаратів для двох останніх номерів залікових книжок від 50 до 59

№ п.оз.	Апарати	Деякі параметри апаратів	ВАРІАНТИ										
			50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
7	Адсорбер вугільний для уловлювання бензину	Діаметр, м	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	3,2	
8		Висота вугілля, м	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,5	
		Тиск, атм	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2
		Температура, °С	30	32	34	32	30	32	35	32	30	34	
		Захист від тиску	пк	мк	мк	пк	пк	мк	пк	пк	пк	пк	
		Тиск насиченого пару, атм	4,0	3,8	3,8	3,6	3,6	3,8	3,8	3,6	3,8	4,0	
		Стаціонарна система гасіння	нема	нема	вода	вода	вода	вода	нема	вода	нема	нема	
15	Насос для відкачування бензину відцентровий	Тиск, атм	1,5	1,4	1,0	1,3	1,5	2,0	2,5	1,4	1,5	2,5	
		Температура, °С	20	25	30	32	27	30	28	22	18	27	
		Діаметр всмоктуючої ліній, мм	100	100	100	100	75	75	75	100	75	75	
		Діаметр нагнітаючої ліній, мм	75	75	75	75	50	50	50	75	50	50	
		Відстань до засувки, м	4	4,5	5	6	7	6,5	5,5	3,5	8	7,5	
		Відключення засувки	руч.	авт.	руч.	руч.	руч.	авт.	авт.	руч.	руч.	авт.	
		Продуктивність, м³/хв	2,5	3	3,5	3,0	3,5	2,0	2,5	3	2,5	1,8	
	Діаметр валу, мм	30	30	35	40	40	35	35	30	30	35		
13	Сепаратор для розслоєння бензину та води	Діаметр, м	1,2	1,4	1,0	0,8	0,8	1,0	1,4	1,2	1,2	1,4	
		Висота слою бензину, м	0,8	0,6	0,4	0,8	0,6	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8	
		Температура рідини, °С	30	28	26	22	24	20	30	28	25	24	
		Тиск, атм	1,01	1,02	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	
		Контроль рівня "бензин-вода"	авт.	нема	нема	нема	авт	нема	нема	нема	авт.	нема	
13	Приміщення сепараторів і насосів	Ширина приміщення, м	12	10	8	12	10	8	12	10	8	12	
		Довжина, м	22	24	25	26	30	27	26	28	22	30	
		Висота, м	8	7	5,5	5	10	6	10	10	7	10	
		Повітреобмін n, 1/год	7	6	6	7	8	7	6	9	7	10	
		Діаметр лінії, мм	75	75	75	75	50	75	50	75	50	75	
		Відстань до засувки, м	9	8	7,5	9	6	5,5	7	9	5,5	9	
		Відключення засувки	авт	руч	руч	авт	руч	руч	авт	авт	руч	авт	
		Стаціонарна система гасіння	піна	нема	нема	вода	нема	піна	нема	нема	нема	вода	

#### **6.4. Завдання для написання курсового проекту “Цех фарбування виробів (із фарбоприготувальним відділенням)”**

Фарбувальний цех автомобілебудівного і тракторобудівного заводів призначений для фарбування та сушки пофарбованих металевих виробів (деталей машин). Перед фарбуванням поверхню деталей, що треба фарбувати, очищають від іржі та знежирюють. Необхідна кількість лакофарбового матеріалу готується у фарбоприготувальному відділенні цеха шляхом розбавлення напівфабрикату відповідними розчинниками.

Для фарбування автомобільних деталей використовують лакофарбовий матеріал, який уявляє собою розчин смоли у ацетоні, а для фарбування тракторних деталей використовується розчин синтетичної поліефірної смоли в бензолі. Технологічні процеси приготування готового складу фарби, а також процеси підготовки деталей, їх фарбування та сушка однакові як на автомобільному, так і на тракторному заводах. Тому нижче приведена схема (рис. 6.7) і дано опис технологічного процесу, загальні для цеху фарбування автомобільних і тракторних деталей.

*Процес приготування фарби.* У цех фарбування виробів насосом 1 по трубопроводу діаметром 0,075 м подається необхідна кількість розчинника (під тиском 0,25 МПа), яка замірюється мірником 2 (об'ємом 1,5 м<sup>3</sup>) і зливається в лопатний апарат-розчинник 3. Одночасно в апарат-розчинник 3 з бункера 4 подається напівфабрикат фарби, що складається з 70% смоли і 30% розчинника (по вазі). В апараті 3 (при безупинній роботі мішалки і при підігріві апарата гарячою водою до температури +40°C на автомобільному заводі і до +60 °C на тракторному заводі) відбувається розчинення і розведення напівфабрикату до необхідного складу. Приготовлена фарба складається з 20% смоли і 80% розчинника (за вагою). Відцентровим насосом 5 фарба забирається з апарата 3 і продавлюється через фільтр 6. З фільтру (при температурі +50 °C і тиску 0,3 МПа) фарба надходить у видаткові ємності 7 і за допомогою насоса 8 безупинно циркулює по кільцевій лінії 9 до фарбувальної камери 17 і назад.

*Процес фарбування і сушіння виробів.* Металеві деталі надходять із сусідніх

цехів на площадку 13 (рис. 6.8) цеху фарбування. Тут вони навішуються на конвеєр 10, і він доставляє їх у камеру 12 для механічного і хімічного очищення від бруду й іржі, а також для знежирення. Хімічне очищення здійснюється слабким водяним розчином фосфорної кислоти до ПАВ (поверхнево-активних речовин). Після очищення і промивання водою деталі доставляються для сушіння в камеру 11, потім надходять у фарбувальну камеру 17, де фарбування здійснюється пульверизаторами. До кожного пульверизатора (по гнучкому шлангу 18) підводиться фарба від циркуляційного кільця 9, а по іншому шлангу - стиснене повітря. Продуктивність пульверизатору, діаметр шлангу, що підводить фарбу, та тиск у шлангу приведені в табл. 6.10 і 6.12. Фарбувальна камера має витяжну вентиляцію. Повітря, що відсмоктується, при виході з камери очищається за допомогою гідрофільтру.

Розміри фарбувальної камери, продуктивність розпилювачів та інші необхідні дані приведені в табл. 6.10-6.12.

Після фарбування деталі надходять на сушіння в сушильну камеру (15) терморадіаційного типу з електро- чи газообігрівальними закритими панелями 16. Максимальна температура поверхні панелі, що обігрівається, 300 °С (автомобільний завод) та 350 °С (тракторний завод). Сушильна камера має витяжну вентиляцію. Площа, на якій розташовуються деталі в сушильній камері та її об'єм приведені в табл. 6.10. Під час сушки пофарбованих поверхонь автомобільних деталей виділяються пари ацетону, а під час сушки тракторних деталей виділяються пари бензолу. Висушені деталі конвеєром подаються на розгрузну площадку 14 і далі відвозяться в збиральні цеха. План розміщення обладнання в фарбувальному цеху і фарбоприготувальному відділенні та переріз будівлі показані на рис. 6.8. Розміри приміщень цеха приведені в табл. 6.11, 6.12.

Здобувачі, що мають дві останні цифри залікової книжки 60...69, після короткого опису суті технологічного процесу фарбування тракторних деталей, займаються аналізом пожежної небезпеки апаратів, дані про яких приведені в табл. 6.11, а також визначають (розрахунковим шляхом) категорію вибухопожежонебезпеки приміщення мірників та розчинників. Дані про приміщення приведені в табл. 6.11.

Здобувачі, що мають дві останні цифри залікової книжки 70...79, після короткого опису суті технологічного процесу фарбування автомобільних деталей, повинні провести аналіз пожежної небезпеки апаратів, дані про яких приведені в табл. 6.12, а також визначають (розрахунковим шляхом) категорію вибухопожежонебезпеки приміщення, де знаходяться фарбувальні камери. Дані про ці приміщення приведені в табл. 6.12.

Таблиця 6.10. Специфікація та основні технологічні данні апаратів

№п/п	Назва апаратів	Режим роботи		Розміри		Примітка
		P, атм	t, °C	d, м	l, м	
1.	Насос подачі розчинника	2,5	20	-	-	Див. прим. 1
2.	Мірники розчинника	-	20	1,0	2,0	Див. прим. 2
3.	Змішувачі розчинника	1,5	60	1,5	2,5	Див. прим. 2
4.	Бункер напівфабрикату	-	40	1,0	2,0	
5.	Насос подачі фарби	3,0	60	-	-	
6.	Фільтр	-	-	-	-	
7.	Баки готової фарби	1,1	50	1,5	3,0	
8.	Насос циркуляційний	6,0	40	-	-	Див. прим. 2
9.	Кільце трубопровідне фарби циркуляційне	6,0	40	0,1	-	
10.	Конвеєр	-	-	-	-	
11.	Сушарка підготовки для фарбування виробів	-	-	-	-	
12.	Камера очистки деталей	-	-	-	-	
13.	Завантажувальна площадка	-	-	-	-	
14.	Розвантажувальна площадка	-	-	-	-	
15.	Сушильна камера	-	80	4 x 3	10	Див. прим. 1
16.	Панелі, що випромінюють	-	300	-	-	
17.	Фарбувальна камера	-	20	3 x 3	8	Див. прим. 2
18.	Гумові шланги фарби	4	40	0,2	10	
19.	Водяна завіса	-	-	-	-	
20.	Вентиляційна камера	-	-	-	-	



## Для двох останніх номерів залікових книжок від 60 до 69

Таблиця 6.11. Технологічні данні апаратів

№ з/п	Апарати	Деякі параметри апаратів	ВАРІАНТИ									
			60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
1	Насос подачі розчинника бензолу відцентровий	Тиск, атм	4,0	3,0	3,5	2,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	3,0
		Температура, °С	10	10	15	15	20	22	22	22	18	18
		Діаметр всмоктуючої лінії, мм	100	100	75	75	75	75	75	100	100	100
		Діаметр нагнітаючої лінії, мм	75	75	50	50	50	50	50	75	75	75
		Діаметр валу, мм	40	40	35	35	40	40	40	35	40	40
		Вид сальникового ущільнення	Торц.	Наб.	Наб.	Торц.	Наб.	Наб.	Торц.	Наб.	Торц.	Наб.
2	Мірник розчинника бензолу	Ступінь заповнення	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,85	0,9	0,8
		Діаметр, м	1,0	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0
		Висота, м	1,4	1,4	1,2	1,2	1,6	1,6	1,4	1,5	1,8	1,6
		Температура рідини, °С	10	10	15	18	20	25	22	18	22	25
		Тиск, атм	1,01	1,01	1,02	1,02	1,01	1,02	1,01	1,02	1,01	1,02
		Діаметр ліній, мм	75	75	50	50	50	50	50	75	75	50
		Захист дихальних ліній	Вогн.	ДК	Вогн	ДК	Вогн	Вогн	ДК	ДК	Вогн	Вогн
		Регулювання рівня	Авт	Авт	Попл	Авт	Попл	Авт	Нема	Попл	Нема	Нема
Аварійний злив	Нема	Нема	Нема	Нема	Нема	Є	Нема	Є	Нема	Нема		
1 5	Сушильна камера (обігрівання природним газом)	Вільний об'єм, %	30	35	40	30	35	30	30	30	25	30
		Довжина, м	10	8	10	12	14	16	14	12	10	12
		Ширина, м	4	4	4	4	6	6	6	4	4	4
		Висота, м	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3
		Температура поверхні випромін., °С	300	350	360	320	320	315	300	320	340	310
		Продуктивність, м <sup>2</sup> /год	750	800	800	800	700	800	750	750	700	800
		Кількість розчинника, що випаровується, г/м <sup>2</sup>	12	10	11	14	15	13	13	14	12	12
		Кратність вентиляції, п, 1/год	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2
Стационарна система гасіння	-	Піна	-	Пара	Пара	-	-	CO <sub>2</sub>	-	-		

## Для двох останніх номерів залікових книжок від 70 до 79

Таблиця 6.12. Технологічні данні апаратів

№ з/п	Апарати	Деякі параметри апаратів	ВАРІАНТИ									
			70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
3	Змішувач розчинник з мішалкою з водяним обігріванням	Діаметр, м	1,5	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2
		Висота, м	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0
		Тиск ,атм	50	55	60	65	70	65	60	55	50	60
		Температура робоча, °С	1,1	1,15	1,2	1,3	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,2
		Захист дихальних ліній	Вогн	ДК	ДК	Вогн	Вогн	ДК	Вогн	Нема	Нема	ДК
		Кількість розчинника, л (ацетон)	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3
8	Насос відцентровий циркуляційний	Тиск , атм	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
		Температура , °С	50	55	60	65	70	65	60	55	50	60
		Діаметр ліній, мм	75	75	50	50	75	75	50	50	75	75
		Продуктивність, л/хв	160	200	180	150	190	180	120	180	190	200
		Діаметр валу, мм	40	40	40	35	35	30	30	35	35	40
		Вид сальникового ущільнення	Торц.	Торц.	Наб.	Наб.	Торц.	Торц.	Торц.	Наб.	Наб.	Торц.
17	Фарбувальна камера на 2 роб. місця, пульверізаторна, фарба на ацетоні)	Довжина, м	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6
		Ширина, м	3	3,5	4	3	3,5	4	3	3,5	4	3
		Висота, м	2,5	3	3	2	2,5	2,5	3	3	2,5	2,5
		Діаметр шланга, м	16	18	18	20	16	20	20	18	20	20
		Тиск фарби, атм	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
		Продуктивність розпилюв., л/хв	40	35	40	45	40	50	55	60	65	70
		Вентиляція з кратністю	20	15	20	25	30	22	24	28	30	25
		Уловлювання фарби	Вод.	Вод.	Сух.	Сух.	Вод.	Вод.	Сух.	Сух.	Вод.	Вод.
13	Приміщення цеху	Довжина, м	90	85	80	75	70	70	80	90	100	100
		Ширина приміщення, м	24	24	24	24	24	30	30	30	30	30
		Висота, м	12	10	12	10	14	12	14	12	14	12
		Кратність вентиляції	2	2	4	5	4	2	4	4	2	5
		Відстань до засувок, м	6	6,5	8	7	6	5	5	7	6	4
		Відключення засувок	Авт	Авт	Руч	Руч	Авт	Руч.	Авт	Руч	Руч	Авт
		Стац. система гасіння	Піна	Нема	Вода	Нема	Нема	Нема	Вода	Нема	Нема	Нема

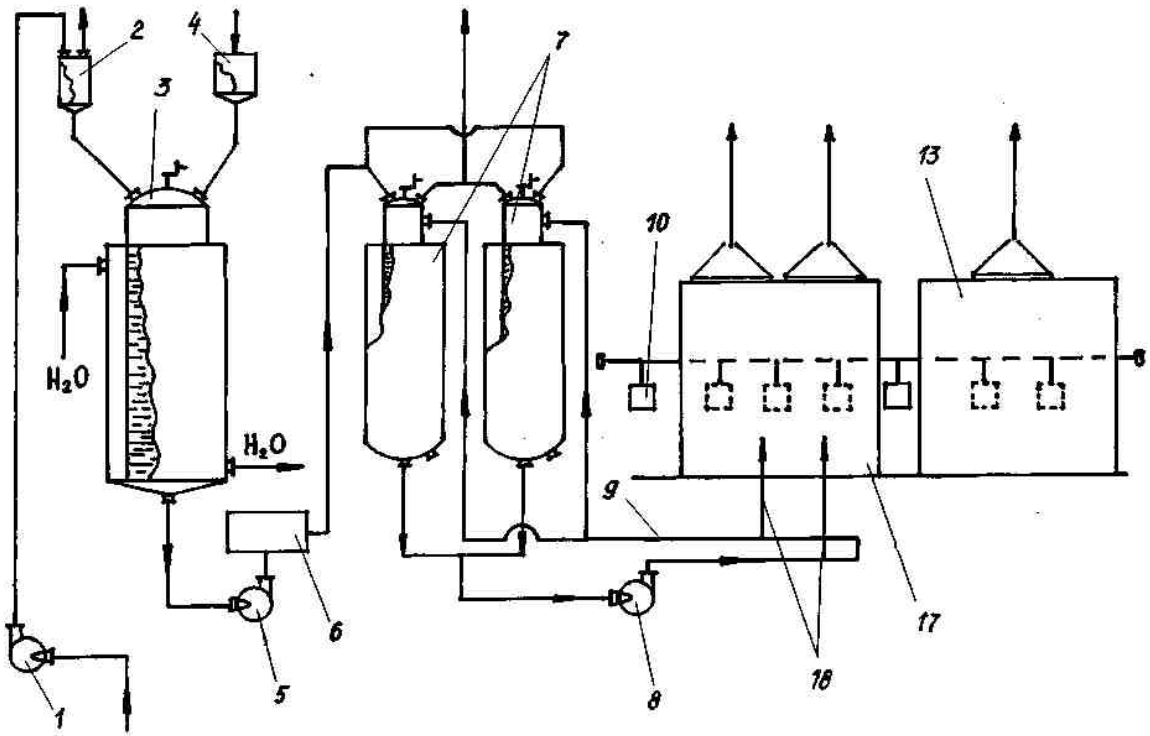


Рис. 6.7. Схема технологічного процесу фарбування автомобільних та тракторних деталей

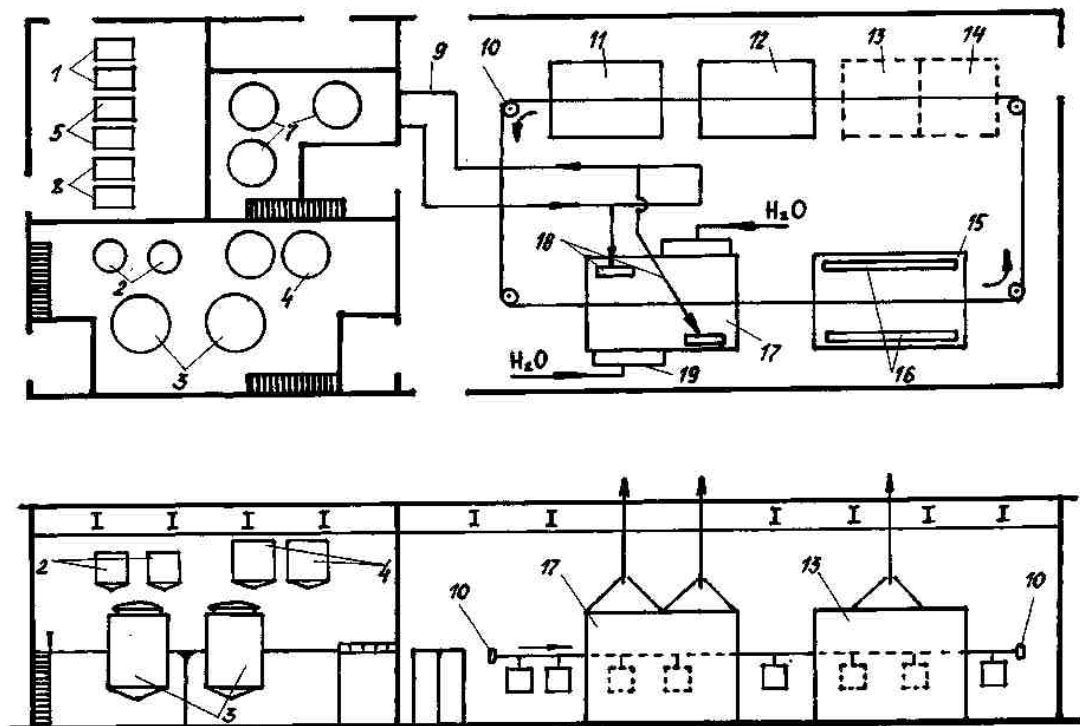


Рис. 6.8. План розміщення технологічного обладнання у виробничому приміщенні цеху фарбування

## 6.5. Завдання для написання курсового проекту з описом технологічного процесу "Виробництво поліетилену і поліпропілену методом низького тиску"

Поліетилен та поліпропілен отримують шляхом полімеризації відповідно етилену та пропілену методом низького тиску з використанням у якості каталізатору слабкого розчину триетилалюмінія в бензині та циклогексані. В даній роботі розглядається тільки процес полімеризації.

Технологічні процеси полімеризації як етилену, так і пропілену принципово не відрізняються один від одного (рис. 6.9).

*Процес приготування каталітичного комплексу.* На даному виробництві поліетилен і поліпропілен одержують з етилену і пропілену методом низького тиску. У якості каталізатору застосовується слабкий розчин триетилалюмінія в бензині і циклогексані в співвідношенні 2:1 (за об'ємом). У результаті полімеризації виходить механічна суміш (суспензія) дрібних часток полімеру з розчинником: поліетилен і поліпропілен у бензині і циклогексані не розчиняється. Розчинник виділяється із суміші шляхом фільтрації. Полімер промивається метиловим спиртом і висушується. Готова продукція завантажується в мішки або формується в гранули, а потім завантажується в мішки.

Крім каталізатору триетилалюміній, застосовується слабкий розчин чотирьохлористого титану. Щоб реакція полімеризації йшла нормально й полімер, що отримали, задовольняв необхідним вимогам, концентрація каталізатору повинна бути в межах 0,2 - 0,3%, а в цех полімеризації ці речовини надходять, з концентрацією 5%. Отже, їх треба розвести.

Відповідно до технологічної схеми, 5%-вий розчин етилалюмінію і чотирьохлористого титану надходить у мірники 2 і 5 цеха полімеризації, а з них - у змішувач розчинника 1. У змішувач подається необхідна кількість бензину і циклогексану (по лініях 3 і 4). Змішувач-розріджувач має мішалку, сорочку для підігріву розчину до +50°C . Розміри апаратів і режим їх роботи приведені в табл.6.13. Готовий каталізатор насосом 25 накачується в полімеризатор 8.

*Процес полімеризації.* Полімеризація етилену, а також пропілену здійснюється у вертикальному циліндричному апараті об'ємом 24 м<sup>3</sup>. Готовий

каталітичний комплекс подають по лінії 24 в нижню частину полімеризатора, заповнюють його на 2/3 по висоті і підтримують увесь час постійний рівень рідини. Газ (етилен, пропілен) подають також в нижню частину полімеризатора по лініям 7. Тиск у полімеризаторі 2,5-3 кг/см<sup>2</sup>, а температура в полімеризаторі +75...85°C. Проходячи через розчин каталізатору, частина газу полімеризується, утворюючи дрібні частки полімеру, які осідають знизу. Реакція полімеризації супроводжується виділенням тепла, надлишок якого відводять за рахунок охолодження циркулюючого газу (що не вступив в реакцію). Останній, нагрітий до температури 80°C і насичений парами розчинника, відводиться з верхньої частини полімеризатора в циркуляційну мережу, що складається з циклонних відділювачів 10, холодильника-конденсатора 11, сепаратора 13 і насосів 14.

У циклонних відділювачах 10 від газу відокремлюються краплі розчинників і частки полімеру. Розчинник, що містить полімер, з нижньої частини відділювачів - сепараторів 13 насосами 14 подається знову в полімеризатор. У конденсаторі-холодильнику 11 газ і пари розчинника охолоджуються водою до 40°C. При цьому пари розчинника конденсуються. Потім охолоджений газ (у суміші з конденсатом) проходить циклонний сепаратор 13, звільняється від рідини і по лінії 9 подається на змішування зі свіжим газом, що надходить у цех по лінії 6. Суміш свіжого й охолодженого циркулюючого газу по лінії 7 подається в полімеризатор. Температура в полімеризаторі регулюється зміною кількості і температури циркулюючого газу.

Полімер, що утворюється в полімеризаторі 8 (у вигляді суспензії твердих часток у розчиннику в співвідношенні 1:10) відводиться з нижчої частини апарата по лініях 23 у збірник 21. Тут відбувається виділення з рідини розчиненого в ній газу за рахунок зниження тиску в збірнику. Етилен, що виділився (для уловлювання з нього розчинника) проходить водяний холодильник 22. Суміш газу і розчинника з холодильника надходить на розділення у сепаратор 16. Газ із сепаратора по лінії 15 подається в цех очищення, а рідка фаза по лінії 17 поступає у збірники розчинника. Суспензія, звільнена від газу, зі збірника 21 насосом 20 подається в кінцевий збірник 19 і з нього до лінії 18 надходить на подальшу обробку. Дані про апарати приведені в табл. 6.13-6.15. План розміщення

устаткування цеху (його переріз) показаний на рис. 6.10. Розміри приміщень приведені в табл. 6.14, 6.15.

Здобувачі, у яких дві останні цифри залікової книжки 80...89, після короткого опису суті ТП полімеризації етилену, повинні проаналізувати пожежну небезпеку апаратів, дані про які приведені в табл. 8.14. Крім того, необхідно визначити розрахунковим шляхом категорію пожежовибухонебезпеки приміщення, де знаходяться мірники і розчинники каталітичного комплексу. Дані про ці приміщення також приведені в табл. 6.14.

Здобувачі, у яких дві останні цифри залікової книжки 90...99, після короткого опису технологічного процесу полімеризації пропілену, аналізують пожежну небезпеку апаратів, дані яких приведені в табл. 6.15. Крім того, розрахунковим шляхом визначають категорію пожежовибухонебезпеки приміщення кінцевих збірників суспензії, розміри яких приведені в табл. 6.15.

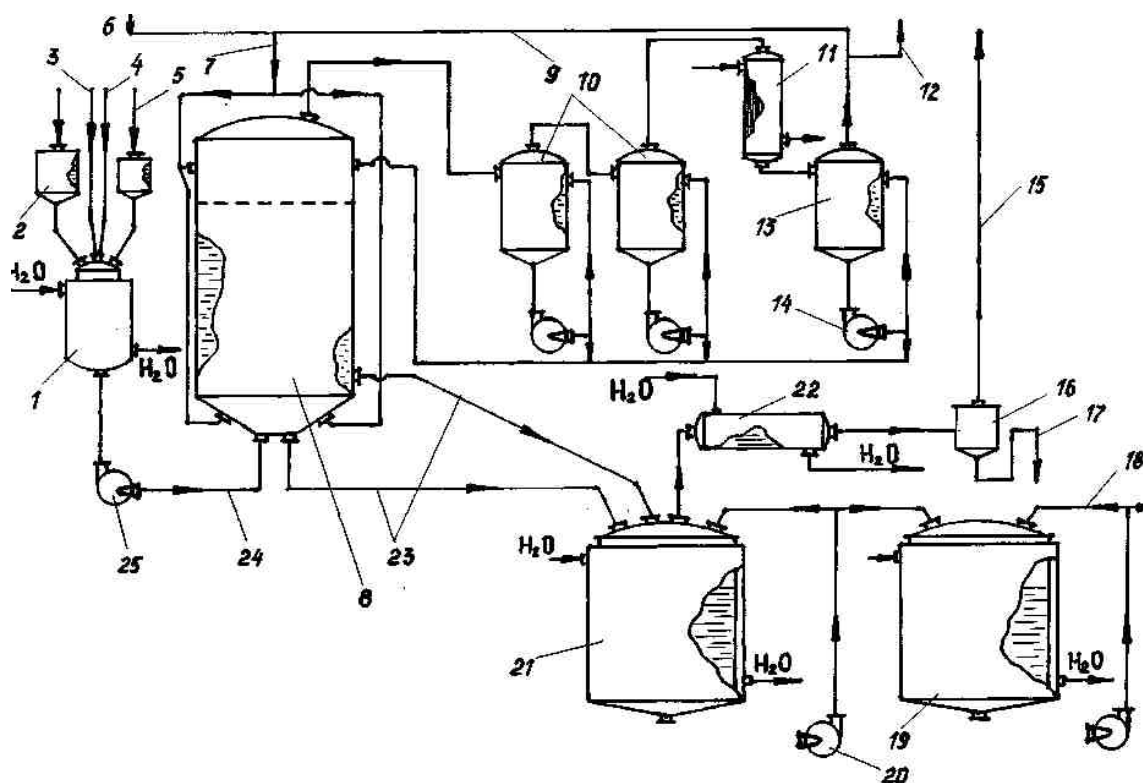


Рис. 6.9. Схема технологічного процесу полімеризації етилену та пропілену

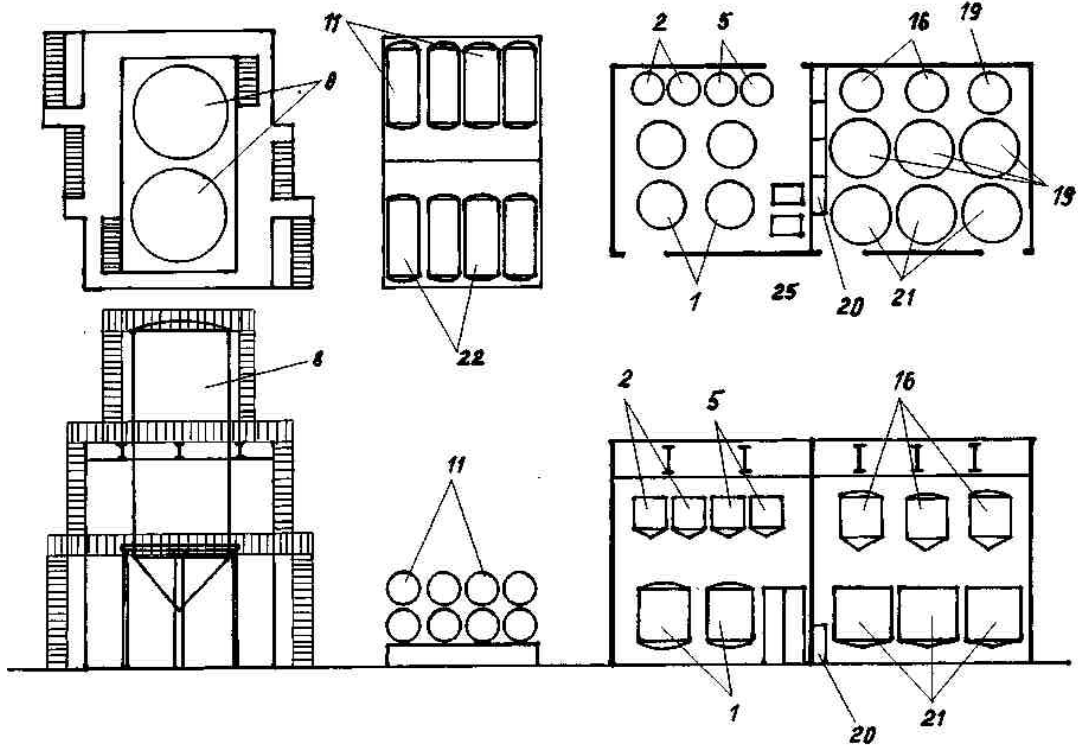


Рис. 6.10. План розміщення технологічного обладнання у виробничому приміщенні та на виробничих площадках





Таблиця 6.13. Специфікація та основні дані апаратів

№п/п	Назва апаратів	Режим роботи		Розміри		Примітка
		P, атм	t, °C	d, м	l, м	
1.	Змішувач розчиннику	1,2	40	1,0	1,5	Див. прим. 1
2.	Мірник 5% триетилалюмінія	1,25	20	0,5	1,0	
3.	Лінія подачі бензину	1,5	20	0,05	-	
4.	Лінія подачі циклогексану	1,5	20	0,05	-	
5.	Мірник 5% Ti Cl <sub>4</sub>	1,25	20	0,5	1,0	
6.	Лінія свіжого етилену	3,0	20	0,75	-	
7.	Лінія подачі етилену в полімерізатор	3,0	15	0,1	-	
8.	Полімерізатор	2,5	80	3	6	Див. прим.1,2
9.	Лінія циркуляційного газу	3,0	15	0,75	-	
10.	Циклонні відділювачі	3,0	80	1,0	1,5	
11.	Холодильник-конденсатор	3,0	15	1,0	3,5	Див. прим.1
12.	Лінія відведення надлишкового газу	-	-	-	-	
13.	Сепаратор	3,0	15	1,0	1,5	
14.	Насоси циркуляційні	-	-	-	-	
15.	Лінія відведення газу на очистку	1,1	20	0,50	-	
16.	Сепаратор	1,1	20	0,7	1,5	
17.	Лінія відведення розчинника	1,0	20	25	-	
18.	Лінія подачі суспензії	1,5	70	0,1	-	
19.	Кінцевий збірник суспензії	1,2	70	2,0	2,5	Див. прим.2
20.	Насос суспензійний	2,0	60	0,03	-	
21.	Збірник суспензії	2,5	80	2,0	2,5	
22.	Холодильник-конденсатор	1,5	20	0,75	2,0	
23.	Лінія відведення суспензії	2,5	80	0,1	-	
24.	Лінія подачі каталізаторного комплексу	3,0	40	0,05	-	
25.	Насос подачі каталізатору	3,0	40	-	-	

Таблиця 6.14. Технологічні дані апаратів для двох останніх номерів залікових книжок від 80 до 89

№ поз.	Апарати	Деякі параметри апаратів	ВАРІАНТИ									
			80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
1	Змішувач розчинників у (циклогексан+каталітичний комплекс)	Діаметр, м Висота, м Температура, °С Тиск, атм Захист дихальної лінії Наявність аварійного зливу Діаметр ліній розчину, мм	1,2 1,8 30 1,2 ДК - 50	1,3 2,0 32 1,3 ДК - 50	1,4 2,0 34 1,4 ДК - 50	1,5 2,2 36 1,5 - + 50	1,6 2,2 38 1,6 - + 50	1,2 2,0 40 1,6 - + 50	1,3 2,0 35 1,4 ДК - 50	1,4 1,8 32 1,2 ЗК - 50	1,5 2,2 30 1,4 ЗК - 50	1,6 2,4 40 1,6 - + 50
2	Приміщення розчинників і мірників	Довжина, м Ширина, м Висота, м Кратність вентиляції п, 1/год Швидкість повітря, м/с Відстань до засувок, м Відключення засувок Стаціонарна система гасіння	20 12 8 6 0,4 6 руч нема	25 12 8 6 0,5 8 руч нема	30 12 8 8 0,6 5 руч нема	22 8 6 8 0,4 5,5 авт піна	24 8 6 6 0,6 6 авт нема	20 8 6 6 0,8 4,5 авт вода	25 10 6 8 0,8 7 руч нема	28 10 6,5 8 0,6 5 авт нема	26 10 8 6 0,4 7,5 руч вода	26 12 8 6 0,5 8 руч піна
8	Полімеризатор поліетилену	Діаметр, м Висота, м Ступінь заповнення Тиск, атм Температура, °С Контроль та регулювання параметрів Захист дихальних ліній	2,5 5 0,65 3,0 70 авт -	2,6 5,2 0,65 3,2 70 авт -	2,7 5,4 0,7 3,4 80 авт ДК	2,8 5,6 0,7 3,6 80 авт ДК	3,0 5,8 0,65 4,0 70 авт -	3,0 6,0 0,65 3,8 70 авт -	2,8 5,6 0,65 4,2 80 авт ЗК	2,7 5,2 0,7 4,0 80 авт -	2,6 5,2 0,7 3,8 75 авт ЗК	2,5 5,2 0,7 3,6 75 авт -
11	Холодильник-конденсатор циркуляційного етилену	Діаметр, м Довжина, м Тиск, атм Температура, °С Захист від підвищення температури	1,0 3,0 3,0 10 -	1,0 3,2 3,2 10 -	1,2 3,4 3,4 10 +	1,2 3,4 3,6 10 -	1,4 3,5 3,8 10 +	1,4 3,5 4,0 15 +	1,2 3,4 4,2 15 -	1,2 3,4 4,0 15 +	1,0 3,2 3,8 15 -	1,0 3,0 3,6 15 -

Таблиця 6.15 Технологічні дані апаратів для двох останніх номерів залікових книжок від 90 до 99

№ п.оз.	Апарати	Деякі параметри апаратів	ВАРІАНТИ										
			90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
8	Полімеризатор пропілену	Діаметр, м	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	
		Висота, м	4,0	4,2	4,1	4,3	4,6	4,7	4,8	5,0	4,5	4,6	
		Ступінь заповнення	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
		Тиск, атм	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,3	4,4
		Температура, °С	75	75	78	78	80	82	84	85	84	84	82
		Контроль та регулір. параметрів	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+
		Захист дихальної лінії	-	ЗК	ДК	-	ЗК	ДК	-	ДК	-	-	-
19	Кінцевий збірник суспензії (бензин+ полімер)	Діаметр, м	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	
		Висота, м	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	2,7	2,8	2,5	2,6	
		Тиск, атм	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,2	
		Температура, °С	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	
		Діаметр ліній, мм	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75i
		Наявність аварійного зливу	є	є	нема	нема	є	нема	є	нема	є	нема	нема
		19	Приміщення збірників	Довжина, м	30	32	34	36	38	40	38	36	34
Ширина, м	12			12	12	8	8	8	8	8	12	12	
Висота, м	6			6	6	8	8	8	8	6	6	6	
Кратність вентиляції п, 1/год	5			5	5	5	6	6	6	7	7	7	
Відстань до засувок, м	5			5	6	6	7	7	6	6	5	5	
Привід засувок	авт			авт	руч	руч	руч	авт	авт	руч	авт	руч	
Стац. система гасіння	піна			вода	піна	нема	вода	піна	вода	нема	нема	нема	вода
20	Насос суспензійний	Тиск, атм	2,0	2,0	2,2	2,2	2,4	2,6	2,6	2,6	2,8	2,8	
		Температура, °С	65	66	67	68	69	71	71	72	73	74	
		Діаметр всмоктуючої лінії, мм	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	
		Діаметр нагнітаючої лінії, мм	75	75	75	75	50	75	55	50	75	75	
		Діаметр валу, мм	37	37	40	40	42	42	40	40	35	35	
		Вид сальникового ущільнення	СУ	-	СУ	-	-	-	СУ	-	СУ	-	

## ЛІТЕРАТУРА

1. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні.
2. Баратов А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд. в 2-х кн. /А. Баратов, А. Корольченко. -М.: Химия, 1990. - Кн.1. -496 с. - Кн.2. -384 с.
3. Михайлюк О.П. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: підручник / О.П. Михайлюк, В.В. Олійник, Г.О. Мозговий. – Х: ХНАДУ. 2014. – 380 с.
4. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: практикум / О.П. Михайлюк, В.В. Олійник, В.М. Сирих. – Х: НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2016. – 198 с.
5. Режим доступу до сайту МНС <http://www.mns.gov.ua/>
11. ГОСТ 12.1.004-91- ССБТ “Пожарная безопасность. Общие требования.”
12. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

# ДОДАТКИ

## ДОДАТОК 1

\_\_\_\_\_

(повне найменування вищого навчального закладу)

\_\_\_\_\_

(повна назва кафедри, циклової комісії)

### КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

З

\_\_\_\_\_

(назва дисципліни)

на тему: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Студента (ки) \_\_\_\_\_ курсу \_\_\_\_\_ групи  
напряму підготовки \_\_\_\_\_  
спеціальності \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка: ECTS

Члени комісії \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(підпис) (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис) (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис) (прізвище та ініціали)

м. \_\_\_\_\_ - 20\_\_ рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ  
УКРАЇНИ

Кафедра пожежної і техногенної безпеки  
об'єктів та технологій

**ЗАВДАННЯ**

на виконання курсового проекту з дисципліни  
"Пожежна безпека технологічних процесів"

За темою:

Здобувачу \_\_\_\_\_ групи \_\_\_\_\_  
(Прізвище та ініціали)

На підставі вивченого технологічного процесу виробництва та  
конструктивно - планувальних особливостей \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

проаналізувати пожежну небезпеку даного технологічного процесу,  
виявити порушення вимог норм та правил пожежної безпеки, та на підставі  
діючих нормативних документів запропонувати рекомендації по їх усуненню.

Завдання отримав: слухач \_\_\_\_\_ групи \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Завдання видав: \_\_\_\_\_ кафедри ПТБОТ \_\_\_\_\_  
(посада) (підпис, прізвище та ініціали)

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ДОДАТОК 3

Таблиця 1. Визначення коефіцієнту  $K_p$ , що враховує інтенсивність виходу рідини в залежності від тиску парів або газів в апараті

Тиск $P \cdot 10^{-5}$ , Па	> 2	2	7	17	41	161	401	1001
$K_p$	3,36	4,61	5,06	5,28	6,94	8,06	8,61	10,28

Таблиця 2. Пожежонебезпечні параметри деяких видів полум'я та малокалорійних джерел тепла

Назва речовини, що горить (виробу) або пожежонебезпечної ситуації	Температуру полум'я (тління, нагріву) $t_{дз}$ , °С	Час горіння (тління), хв.
Легкозаймісті та горючі рідини	880	-
Деревина та лісопиломатеріали	1000	-
Природні та скраплені гази	1200	-
Газове зварювання металу	3150	-
Газове різання металу	1350	-
Цигарка, що тліє	320-410	2-2,5
Сигарета, що тліє	420-460	26-30
Сірник, що горить	620-640	0,33

Таблиця 3. Критичні значення інтенсивності випромінювання в залежності від часу випромінювання для деяких речовин

Матеріали	Мінімальна інтенсивність випромінювання (Вт/м <sup>2</sup> ) при терміні випромінювання, хв		
	3	5	15
Деревина (сосна з вологістю 12%)	18800	16900	13900
Деревинно-стружечна плита щільністю 417 кг/м <sup>3</sup>	13900	11900	8300
Торф у брикетах	31500	24400	13200
Торф у кусках	16600	14350	9800
Бавовна-волокно	11000	9700	7500
Шаруватий пластик	21600	19100	15400
Склопластик	19400	18600	17400
Пергамент	22000	19750	17400
Гума	22600	19200	14800

Таблиця 4. Показники коефіцієнта тертя  $f$

Матеріал тіл, які підлягають тертю	коефіцієнта тертя – $f$	
	Без мастила	З мастилом
сталь - сталь	0,15	0,05-0,1
сталь - чавун	0,18	0,05-0,12
сталь - бронза	0,15	0,1
чавун - чавун	0,15	0,07-0,12
бронза - бронза	0,2	0,07-0,1
гума - чавун	0,8	0,5